

BIBLIOTHECA ZOOLOGICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesamtgebiete der Zoologie.

Herausgegeben

von

Dr. Rud. Leuckart
in Leipzig.

und

Dr. Carl Chun
in Breslau.

Fünfter Band.

1893—1895.

Stuttgart.

Verlag von Erwin Nägele.

Band 5
Heft 14.15
1893-95

6899'



Alle Rechte vorbehalten.

Inhalt.

Heft 14.

Rudimentäre Wirbelthieraugen. II. Theil und Nachtrag zu Theil I und II. Von
Dr. C. Kohl. Mit 6 farbigen Doppeltafeln. 1893—95.

Heft 15.

Deutschlands freilebende Süßwasser-Copepoden. II. Theil: Harpacticidae. Von
Dr. Otto Schmeil. Mit 8 Tafeln und 2 Figuren im Text. 1894.



3001. 35 = 4°

BIBLIOTHECA ZOOLOGICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesamtgebiete der Zoologie.

Herausgegeben

von

Dr. Rud. Leuckart

in Leipzig

und

Dr. Carl Chun

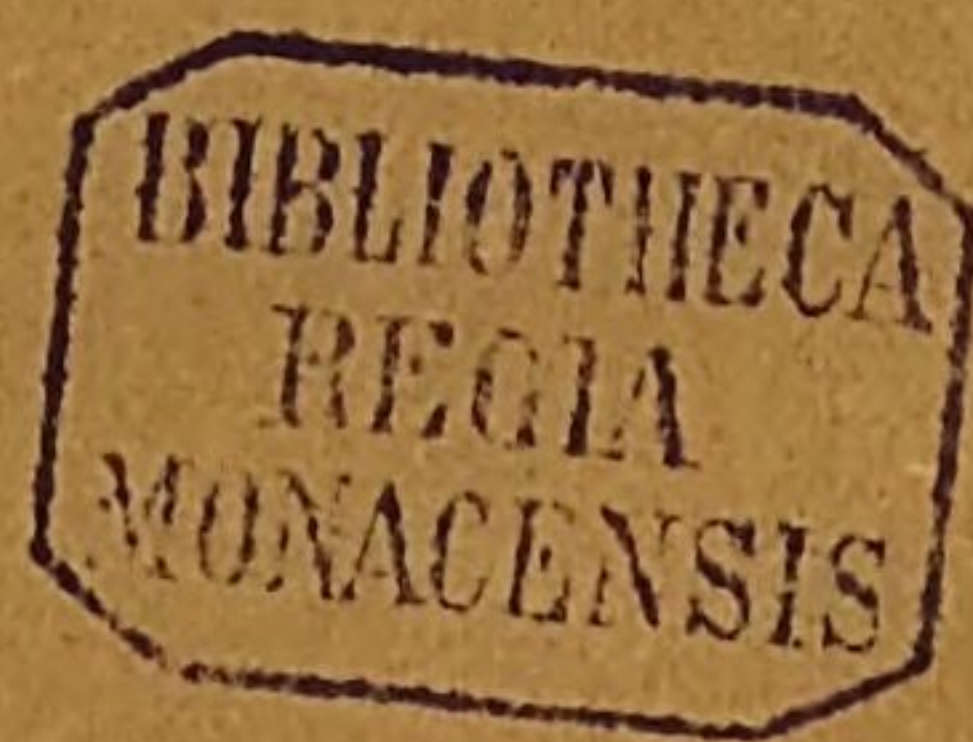
in Breslau.

Heft

~~14 III~~

Stuttgart.

Verlag von Erwin Nägele.





BIBLIOTHECA ZOOLOGICA.

Original-Abhandlungen
aus
dem Gesamtgebiete der Zoologie.

Herausgegeben
von
Dr. Rud. Leuckart Dr. Carl Chun
in Leipzig und in Breslau.

Heft 14.
Rudimentäre Wirbelthieraugen II.
Von Dr. C. Kohl.
Mit 6 farbigen Doppeltafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1893.

Rudimentäre Wirbelthieraugen.

Von

Dr. C. K o h l.

Zweiter Theil.

Mit 6 farbigen Doppeltafeln.

STUTTGART.

Verlag von Erwin Nägele.

1893.



Meine ursprüngliche Absicht, die Untersuchungen über rudimentäre Wirbelthieraugen mit dem vorliegenden zweiten Theile dieser Arbeit abzuschliessen, hat sich leider nicht durchführen lassen. Die Schilderung des Maulwurfsauges hat einen so grossen Raum beansprucht, dass es sich nöthig gemacht hat, die Fragen nach dem Wesen und der Bedeutung der Rudimentarität überhaupt, soweit sie sich in den hier zur Beobachtung gekommenen Sehorganen geltend macht, ferner die Darlegung allgemeiner, Bau und Entwicklung des Auges betreffender Principien, auf welche der Gang meiner Untersuchungen ein Licht geworfen, für einen dritten, Schlusstheil, vorläufig zurückzustellen. Zur Erreichung der angegebenen Ziele wird sich dieser letzte Theil besonders mit einer genauen Vergleichung zwischen den beschriebenen, angeblich rudimentären Sehorganen und den Augen möglichst nahe verwandter unzweifelhaft normaler Wirbelthiere zu beschäftigen haben.

Die Untersuchungen für den vorliegenden Abschnitt wurden ebenfalls im Laboratorium des Herrn Geh. Rathes Prof. Dr. R. Leuckart zu Leipzig angestellt, und möchte ich nicht verfehlen, meinem hochverehrten Lehrer auch an dieser Stelle für seine gütige Unterstützung, Anregung und Belehrung meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Der Verfasser.



Das Auge von *Talpa europaea*.

Betreffs der Litteratur verweise ich auf meine in der Zeitschrift für Naturwissenschaften Bd. 65, Heft III 1892, p. 144 ff. veröffentlichte kleine Arbeit: „Uebersicht über die historische Entwicklung unserer Kenntnisse von den Gesichtsapparaten des Maulwurfs.“

Ehe ich zur Besprechung des Organes schreite, mögen ein paar erklärende Worte vorausgeschickt sein.

Die Untersuchungen wurden an Maulwürfen angestellt, die meistens ganz frisch getödtet waren. Bei den erwachsenen Thieren wurde dann grösstentheils das Fell sorgfältig abgezogen, und das Auge durch einen Messerschnitt vom Kopfe losgetrennt. Oefters wurde indessen auch das Fell in seinem Umkreise stehen gelassen. Die Conservirung geschah theils in Sublimat-Essigsäure, theils in Chrom-Osmium-Essigsäure, seltener in Müller'scher Flüssigkeit. In einzelnen Fällen wurde der ganze Schädel conservirt und dann zum Entkalken in sehr verdünnte Salzsäure gebracht, später der Länge nach in zwei Hälften zerpalten und diese in toto geschnitten. Die Einbettung geschah stets mittelst Paraffin, von verschiedenen Schmelzpunkten.

Von den zahlreichen Färbungen hat mir neben der einfachen Haematoxylin-Methode vor Allem die Anwendung von Borax- und Indig-Carmin nacheinander auf dasselbe Präparat mit folgender Differenzirung in concentrirter Oxalsäure gute Dienste geleistet. Hübsche Resultate ergab auch der Gebrauch von Weigert'schem Haematoxylin mit Nachbehandlung durch doppeltchromsaures Kali in wässriger Lösung. Die von Retzius u. A. mit so grossem Erfolge angewendeten Methylenblau-Methoden, wurden mir leider zu einer Zeit erst bekannt, wo ich kein frisches Material mehr erlangen konnte, und an conservirtem ergaben sie so gut, wie gar kein Resultat. Auch mit den Silber-Methoden musste ich mich auf das Auge des erwachsenen Thieres beschränken.

Die Embryonen wurden fast stets ganz frisch getödteten Mutterthieren, grossentheils noch lebend, entnommen und in toto conservirt.

Ich unterscheide im Folgenden elf Embryonalstadien, und zwar setze ich dabei als Massstab für das Alter, in Ermangelung besserer Anhaltspunkte, die Thierlänge. Dieselbe wurde gemessen an dem von jeder Hülle befreiten Embryo. Beim erwachsenen Maulwurfe wurde die Distanz zwischen den Parietalia des, wie beim grossen Embryo gebeugten Kopfes und der Schwanzwurzel als Thierlänge angenommen.

Die Masse für die einzelnen Theile des Auges sind nach Schnitten bestimmt, die, soweit im Text nicht ausdrücklich anders angegeben, sämmtlich parallel zu einer auf der Fläche des Bulbusaequators senk-

recht stehenden, also z. B. den Opticus ungefähr der Länge nach treffenden Ebene geführt waren. Kleine Differenzen in der Schnittrichtung liessen sich nun ja, besonders bei den Embryonen, nicht vermeiden. Ich habe indessen gerade auf möglichste Abschwächung dieses Uebelstandes besondere Aufmerksamkeit verwendet und darf daher annehmen, dass die von mir gegebenen Masse immer der Wahrheit wenigstens sehr nahe kommen.

Bulbus oculi.

Stadium I (4,5 mm). Taf. VI. Fig. 68.

Auf dieser niedrigsten Entwicklungsstufe des Maulwurfsauges, die ich habe erlangen können, zeigt es die Form der eben erst eingestülpten secundären Augenblase. Die beiden Wandungen derselben sind sich noch ziemlich ähnlich, doch ist die innere, die spätere *Retina*, bereits dicker geworden und setzt sich durchweg aus mehr Zellenlagen zusammen, als die äussere. Die Höhle der primären Augenblase, von welcher noch ein sehr grosser Teil übrig geblieben, steht mit der Höhle des Augblasenstiels in offener Verbindung, oder zeigt sich vielmehr deutlich als einfache Fortsetzung der letzteren. Die Linsenblase hat sich vom Körperepithel her eingesenkt und lässt die ersten Spuren der beginnenden Abschnürung erkennen. Die foetale Augenspalte scheint eben erst entstanden zu sein, doch ist sie noch auf den Bulbus beschränkt, die Einstülpung dehnt sich also vorläufig nicht auch auf den Augblasenstiel aus.

In der unmittelbaren Nachbarschaft der Augenblase hat sich eine Bindegewebsschicht von sehr wechselnder Stärke gegen das Mesodermgewebe der weiteren Umgebung zu differenzieren begonnen. Man hat sie als die erste Anlage, einerseits der späteren Opticusscheiden, andererseits der Augenkapsel aufzufassen.

Abgesehen davon finden sich nirgends Gewebsteile, welche eine Schutzvorrichtung für das Sehorgan bilden würden, oder auch nur als erste Andeutung einer solchen, (also z. B. einer Orbita), in Anspruch genommen werden dürften.

Stadium II (6,7 mm).

Das Auge ist immer noch auf dem Standpunkte der secundären Augenblase, deren beide Blätter durch einen breiten Spalt, den Rest der primären Blasenöhle, getrennt sind. Von einer Iris, oder einem durch Verlängerung der Augbecherränder gebildeten Anfange dazu, findet sich noch keine Spur. Die Linse ist jetzt vollkommen abgeschnürt, die Linsengrube also zur Linsenblase geworden.

Die foetale Augspalte, deren Anfänge schon beim vorigen Stadium zu erkennen waren, hat sich nunmehr deutlich ausgebildet, und durch sie ist eine Menge Bindegewebe ins Augeninnere eingedrungen, wo es sich mit den schon auf früheren Entwicklungsstufen durch die distale Oeffnung des Augbechers hereingewachsenen Mesodermzügen zu vermischen begonnen hat.

In Bezug auf die Augenkapsel, sowie das Umhüllungsgewebe des Augblasenstiels zeigt vorliegendes Stadium keine Fortschritte. Andeutungen von schützenden Gewebsteilen finden sich auch hier nirgends.

Stadium III (8,5 mm). Taf. I. Fig. 1.

Das Auge steht auf dem Standpunkte der secundären Augenblase, bei der sich die zwei Blätter bereits sehr genährt haben, ohne jedoch, selbst im Iristheile nicht, zur gegenseitigen Berührung gelangt zu

sein. Die foetale Augspalte steht weit offen und hat sich nunmehr auch auf den Augblasenstiel ausgedehnt.

Der Bulbus hat eine Tiefe von 0,2530 bei einer Höhe von 0,2514 mm. Die Dicke entspricht der Höhe, man kann also als Zahl für das annähernde Volumen des ganzen Organs 0,0084 cbmm berechnen.

Das Auge liegt in seiner vorderen, distalen Hälfte und, in Folge des unten zu besprechenden Ansatzes zur Auglid- resp. Drüsenbildung, auch im grössten Theile seiner hinteren proximalen Hälfte ganz frei da.

Stadium IV (10 mm).

Der Augapfel steht auch jetzt auf dem Standpunkt der secundären Augenblase, bei der stets noch ein ziemlich weiter Spalt zwischen den beiden Blättern als Rest der Höhle der primären Augblase übrig geblieben ist. Der Bulbus ist in lockeres Bindegewebe eingebettet, das zahlreiche Gefässe führt. Fettzellen lassen sich in der näheren Umgebung des Auges nicht nachweisen. Seine Tiefe beträgt 0,3595, seine Höhe 0,3046 mm, wonach es ein Volumen von 0,0175 cbmm besitzt.

Stadium V (11 mm). Taf. I. Fig. 2.

Der Bulbus lässt noch immer das Bild der secundären Augenblase erkennen. Wenn auch die beiden Blätter der Irisanlage sich meist fest aneinandergelegt haben, so giebt es doch auch, besonders ventral, häufig Stellen, wo der Spalt zwischen denselben ununterbrochen bis nach der Spitze der Iris hinreicht, mit anderen Worten also der Hohlraum der primären Augblase in der secundären bis zum Augbecherrande zu verfolgen ist. Die foetale Augspalte klappt weit. Das Auge liegt auch jetzt noch lediglich in lockeres Bindegewebe eingebettet. Skeletttheile, oder deren Anlagen finden sich nirgends in der Nähe: es existirt also z. B. eine Orbitalhöhle auf diesem Stadium nicht einmal in der ersten Andeutung.

Der Bulbus ist kugelig. Tiefe, wie Höhe messen 0,3789 mm. Sein Volumen beträgt also 0,028 cbmm.

Gegen Aussen liegt das Auge vollständig frei und ist nur ganz wenig durch die in der Entwicklung begriffenen Augenlider bedeckt.

Stadium VI (13 mm). Taf. I. Fig. 3.

Die zwei inneren Blätter der Irisanlage haben sich weiter genähert und so wieder ein erhebliches Stück von dem Reste der alten primären Augblasenhöhle verdrängt, es ist indessen immer unschwer die Becherform des Auges zu erkennen, dessen distale Oeffnung durch die Linse grösstentheils verschlossen wird. Die foetale Augspalte ist noch vorhanden, doch haben sich ihre Ränder etwas genähert.

Einen Schutz für das Auge durch Skeletttheile giebt es auch jetzt nicht. Die Augenlider sind einander etwas näher gerückt.

Der Bulbus ist 0,3133 mm tief, 0,3446 mm hoch, hat somit, als Rotationsellipsoid betrachtet, ein Volumen von 0,018 cbmm.

Stadium VII (17 mm).

Hier ist der Spalt zwischen den zwei ectodermalen Blättern der Irisanlage wieder sehr breit geworden (cfr. Iris.), das Auge zeigt die Form der secundären Blase also wieder weit deutlicher.

Der Augbecher wird von der Linse vollständig verschlossen, abgesehen natürlich von der Gegend der foetalen Augspalte, deren Ränder sich weiter genähert, aber noch nicht zusammengeschlossen haben.

Aeusserlich ist das Auge in Folge der Ausbildung der Augenlider und des theilweisen Verschlusses der Lidspalte nur in Form eines ganz kleinen schwarzen Punktes erkennbar. Es liegt auch auf dieser Entwicklungsstufe ganz ohne einen Schutz durch feste Gewebstheile am Schädel.

Seine Tiefe beträgt 0,4452, seine Höhe 0,4660 mm. Das Volumen des Organs stellt sich somit auf 0,048 cbmm.

Stadium VIII (19,7 mm).

Der Spalt zwischen den beiden inneren Blättern der Iris ist hier wieder sehr schmal, die Figur des Augbechers daher wieder weniger deutlich, wenn auch noch wohl erkennbar. Die Iris liegt der Linse dicht an. Die foetale Augspalte hat sich noch immer nicht ganz geschlossen. Entsprechend dem weiter fortgeschrittenen Verschlusse der Lidspalte ist das Auge von Aussen noch weniger deutlich sichtbar. Feste Schutztheile für den Bulbus fehlen. Seine Tiefe zeigt 0,4602, seine Höhe 0,5168 mm. Das Augvolumen beträgt 0,057 cbmm.

Stadium IX (22,3 mm).

Die inneren Irisblätter sind hier wieder durch einen etwas breiteren Spalt getrennt. Zwischen Iris und Linse bleibt stets ein kleiner Zwischenraum. Auch der Verschluss der foetalen Augspalte ist noch nicht zu Stande gekommen. Aeusserlich schimmert das Auge nur schwach durch die jetzt gänzlich verschlossene Lidspalte, resp. durch die, ja auch nicht sehr starken, Auglider selbst durch.

Durch Skeletttheile wird der Bulbus nirgends geschützt.

Er hat eine Tiefe von 0,5769, eine Höhe von 0,5186 mm, woraus sich ein Volumen von 0,0812 cbmm ergibt.

In Folge der Drehung, welche der Augapfel durchgemacht hat, um sich hinter der Lidspalte zu halten, hat die Augaxe eine viel steilere Richtung erhalten; sie macht jetzt mit der Horizontalebene einen Winkel von etwa 42° .

Stadium X (27,5 mm). Taf. I. Fig. 4.

Zwischen dem retinalen Blatte der Iris und deren Pigmentepitheltheil ist jeder Zwischenraum nunmehr verdrängt worden.

Die Iris hat sich stark verlängert und mit ihrem freien Rande mehr nach dem distalen Linsenpole hin vorgeschoben. Das Auge zeigt also, wenigstens in seinen vorderen Parteen, wenig Ueberbleibsel mehr von dem Bilde des einfachen Bechers. Von Aussen ist es nur noch ganz undeutlich erkennbar, da, wie schon beim vorigen Stadium, die Lidspalte vollständig durch einen Epithelpfropf verschlossen ist. Die Lider haben sich einander ausserdem noch etwas mehr genähert und zwar sind sie sich zu diesem Zwecke beide etwa in gleichem Masse entgegengekommen. Die, freilich verstopfte, Lidspalte behält also ihre alte Stelle, und der Bulbus hatte nicht nöthig, um mit seinem distalen Pole hinter ihr zu bleiben, seine Lage zu verändern. Die Augaxe ist daher zu der Horizontalen so ziemlich unter demselben Winkel geneigt, wie beim Stadium IX (22,3 mm), nämlich c 40° .

Der Bulbus hat eine Tiefe von 0,5560, eine Höhe von 0,6268 mm. Sein Volumen stellt sich auf 0,1015 cbmm.

Stadium XI (32 mm). Taf. I. Fig. 5.

Ein Rückschritt nach der Form des deutlich erkennbaren Augbechers hin ist nicht eingetreten. Der Winkel, welchen die Augaxe mit der Horizontalebene macht, beträgt nur mehr etwa 30° . Da der

distale Augpol sich gleichwohl hinter der verwachsenen Lidspalte gehalten hat, so ist anzunehmen, dass letztere etwas ventralwärts verschoben worden ist, was durch einseitige Annäherung des oberen Lidrandes an den unteren erklärt werden könnte.

Von Aussen ist das Auge vollständig unsichtbar. Es ist 0,5241 mm tief und 0,5525 mm hoch. Sein Volumen beträgt daher 0,0794 cbmm.

Das erwachsene Thier. Taf. I. Fig. 6.

Die Form des Augapfels zeigt die grösste Verschiedenheit. Derselbe besitzt nur in seltenen Fällen Kugelgestalt; meist stellt er ein Ellipsoid dar, und zwar, da zwei Achsen desselben (meist Tiefe und Dicke) stets einander gleich sind, im Allgemeinen ein Rotationsellipsoid, dessen lange Achse in der grossen Mehrzahl der Fälle die „Höhe“ bildet. Zuweilen kommt es freilich, und zwar augenscheinlich keineswegs immer nur in Folge gewaltsamer Einwirkung fremder Einflüsse (Druck während der Conservirung und dergl.) vor, dass die lange Achse des Ellipsoids mit der Augachse zusammenfällt, der Bulbus also eine bedeutendere Tiefe, als Höhe besitzt.

Die Ellipsoidgestalt wird häufig, aber keineswegs immer, durch eine mehr oder weniger bedeutende Vorwölbung der *Cornea* gestört. Ich habe indessen hierauf bei Berechnung der Volumina, die ja ohnehin nur ganz annähernde Zahlen ergeben konnte, keine Rücksicht nehmen zu müssen geglaubt.

Wie die Form, so ist auch die Grösse des Auges ganz gewaltigen individuellen Schwankungen unterworfen. Es misst z. B. die Augtiefe bei den von mir untersuchten, sehr zahlreichen Maulwürfen im Minimum 0,6896, im Maximum 1,0350 mm. Die Höhe schwankt zwischen 0,6034 und 0,9137 mm. Das Volumen des Organes hält sich innerhalb der Grenzen von 0,141 und 0,443 cbmm.

Hess¹⁾ gibt die Augtiefe auf „fast genau 1 mm“, die Höhe auf 9 mm an und bezieht den grösseren Längendurchmesser (Tiefe) „wesentlich auf die starke *Prominenz* der einem stumpfen Kegel ähnlich gebildeten *Cornea*.“ Abgesehen nun davon, dass es m. E. absolut unstatthaft ist, die von Hess angegebenen Zahlen, die ja in dem einen und dem anderen Falle der Wirklichkeit entsprechen mögen, einfach als für das Maulwurfsauge im Allgemeinen gültig anzunehmen, so darf auch nicht ohne Weiteres von einer starken Vorwölbung der *Cornea* gesprochen werden. Die Tiefe der vorderen Augenkammer ist nämlich ebenfalls ganz ungemein schwankend. Bei einer Anzahl der am besten conservirten meiner Präparate, bei der eine durch Schrumpfung, Druck etc. bewirkte Störung der natürlichen Lagenverhältnisse ganz, oder doch nahezu, als ausgeschlossen betrachtet werden darf, fanden sich für die Tiefe der vorderen Augenkammer, gemessen in der Augaxe, vom distalen Linsenpole bis zum proximalen Hornhautrande, die in nachstehender Tabelle verzeichneten Zahlen.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Augtiefe mm	1,0350	0,7758	0,7413	0,6637	0,4324
Tiefe der vorderen Augenkammer mm . . .	0,1105	0,0983	0,0741	0,07	0,0585
Verh. von Tiefe der vorderen Augenkammer zu Augtiefe	1:9,36	1:7,89	1:10	1:9,48	1:7,39

¹⁾ C. Hess. Beschreibung des Auges von *Talpa europaea* und von *Proteus anguineus*, in: Graefe's Archiv f. Ophthalmologie XXXV. 1. 1888.

Die Tiefe der vorderen Augenkammer ist also sehr schwankend. In keinem Falle, und zwar handelt es sich hierbei keineswegs nur um die in der Tabelle als Muster angegebenen fünf, sondern um eine weit bedeutendere Anzahl untersuchter Maulwurfsaugen, ging dieselbe jedoch über die sub. I verzeichnete Zahl hinaus. Dass sie jemals 0,2 betragen sollte, erscheint mir kaum glaublich, viel eher möchte ich der Annahme zuneigen, dass Hess das angegebene Mass von einem Präparat genommen hat, das eine, in Folge äusserer Einflüsse künstlich aus ihrer normalen Lage gebrachte *Cornea* (vielleicht auch Linse) besass. Es kommt daher thatsächlich auch niemals das von Hess angegebene Verhältniss 1:5 bei der Vergleichung der Dimensionen von vorderer Augenkammer und Augennachse heraus: im Falle der relativ bedeutendsten Vorwölbung der *Cornea* stellt sich dasselbe, wie man sieht, auf 1:7,89, und auch dies muss schon als Ausnahme betrachtet werden.

Noch weniger scheint es mir glaublich, dass der Glaskörper die bedeutende Tiefe von 0,3 mm, wie Hess angiebt, jemals erreichen sollte. Nach meinen Präparaten, bei welchen selbstverständlich die unvermeidliche Schrumpfung des *Corpus vitreum*, sowie kleine Differenzen der Schnittrichtung in Rechnung gezogen wurden, betrug die Distanz zwischen dem proximalen Linsenpole und der distalen Netzhautfläche, in der Augennachse gemessen, niemals mehr als 0,123, gieng aber oft auf 0,091; 0,07; 0,03; ja gelegentlich sogar auf 0,025 mm herunter.

Betreffs des Verhältnisses, in welchem die übrigen Augentheile zum Aufbau des Bulbus beitragen, cfr. das Nähere in den betreffenden Abschnitten.

Das Auge liegt am Schädel ohne jeden Schutz durch knöcherne Skeletttheile. Die Orbitalhöhle ist ganz flach und könnte ihm daher nur mangelhafte Deckung gewähren, auch wenn das Sehorgan sich in ihrem tiefsten Theile, direkt an der Schädelwand, befinden würde. Dasselbe sitzt jedoch auf einem die ganze Orbitalhöhle mehr als ausfüllendem bindegewebigen, zuweilen auch Fettzellen führenden Polster, so dass es sich z. B. durch einen ganz eben geführten Messerschnitt ohne jede Verletzung knöcherner Theile vom Kopfe abschälen lässt.

Auffallend ist die unsymmetrische Lage der beiden Augen, die sich nicht selten constatiren lässt. In 52 von mir darauf untersuchten Fällen waren nur einmal beide Augen vom vorderen Schädeldende gleichweit entfernt. Sechsenddreissigmal war das linke Auge vom oralen Oberkieferende weiter entfernt, als das rechte, und nur zwölfmal war das Gegentheil der Fall. Die Differenz war meist nicht sehr bedeutend, betrug indessen in zwei Fällen doch 1,2 mm. Im Durchschnitt (gewonnen durch Vergleichung der 52 Fälle) war das linke Auge von der Trennungslinie der mittleren Schneidezähne des Oberkiefers 11,695, das rechte 11,46 mm entfernt, was eine durchschnittliche Differenz von 0,235 mm ergeben würde.

Ob der geschilderten unsymmetrischen Lagerung der Sehorgane eine Asymmetrie in der Anordnung anderer Theile des Maulwurfskörpers, also z. B. im Bau des Gehirnes, entspricht, vermag ich vorläufig nicht zu sagen, muss also auch darauf verzichten, die angegebene Thatsache zu erklären, immerhin glaubte ich, derselben Erwähnung thun zu sollen.

Zusammenfassung.

Die Wachstumsverhältnisse des Maulwurfsauges soll folgende Tabelle zeigen:

Stadium	Thierlänge mm	Verh. von Thierlänge zu Augtiefe	Verh. von Thierlänge zu Aughöhe
III	8,5	1:33,5	1:33,8
IV	10	1:27,8	1:32,8
V	11	1:29	1:29
VI	13	1:41,5	1:37,7
VII	17	1:38,1	1:38,6
VIII	19,7	1:42,8	1:38,1
IX	22,3	1:38,6	1:43
X	27,5	1:49,4	1:43,8
XI	32	1:61,2	1:57,9
Erwachsenes Thier	c. 140	1:176,7	1:175

Für das erwachsene Thier sind hierbei Durchschnittswerthe angenommen, und zwar, neben der Körperlänge mit 140 mm, für die Augtiefe 0,792 und für die Aughöhe 0,7998 mm.

Aus der Tabelle geht hervor, dass auch beim Maulwurf das Auge mit fortschreitender Weiterentwicklung des Embryo in der Ausbildung immer mehr und mehr zurückbleibt, eine Erscheinung, die durch die Geburt des Thieres in erhöhtem Grade zum Ausdrucke gelangt.

Ob sich diese relative Abnahme des Sehorganes beim *Genus Talpa* in derselben Weise vollzieht, wie bei den meisten übrigen Säugern, oder ob vielleicht der Grad, oder das Tempo anders ist, lässt sich hier nicht entscheiden. Die Antwort auf diese Frage muss dem Schlusstheile vorliegender Arbeit vorbehalten bleiben.

Die Augenlider.

Stadium II (6,7 mm).

Eine Andeutung von Auglidern zeigt sich zum ersten Male auf dieser Entwicklungsstufe, und zwar in Form einer das Auge kreisförmig umgebenden Aufwulstung der Körperhaut, welche auch die dem Ectoderm direkt unterliegenden mesodermalen Gewebstheile mitmachen.

Stadium III (8,5 mm).

Die beim vorigen Stadium beschriebene Aufwulstung hat weitere Fortschritte gemacht. Ihre dem Bulbus zugekehrte Fläche ist viel steiler geworden und jetzt fast parallel zur Augenaxe gerichtet. Zugleich hat sich diese innere Fläche der Aufwulstung rings um das Auge herum stark in die Tiefe gesenkt, so dass der Bulbus dorsal bis weit über das Niveau seines proximalen Poles, ventral bis über das seines Aequators hinaus von einer Spaltöffnung umschlossen ist, die frei mit der Aussenwelt communicirt.

Der Spaltraum ist von dem miteingesenkten einschichtigen ectodermalen Körperintegument ausgekleidet. An der tiefsten Stelle ist letzteres, ziemlich unvermittelt, vielschichtig geworden. Seine Zellen haben sich verändert und zeigen jetzt statt der Platten- resp. Cylinder-Gestalt eine kugelige Form, die jedoch meist in Folge der gegenseitigen Pressung einer polyedrischen hat weichen müssen.

Stadium IV (10 mm).

Das vorliegende Stadium zeigt in Ausbildung der Lidanlage keinen Fortschritt, aber auch kein Zurückbleiben.

Stadium V (11 mm).

Der ringförmige Wulst der früheren Stadien hat sich stark vergrössert und dem Auge zugeneigt. Der Winkel, den seine innere Wand mit der Grundfläche, d. h. hier dem das Auge deckenden Epithel, bildet, ist im Umkreise des Bulbus immer mehr in die Tiefe gewachsen (dorsal bis weit über den Augaequator hinaus, ventral bis nahe in dessen Niveau). Dadurch hat sich rings um das Auge eine grosse Ringfalte gebildet, die schon ganz das Aussehen eines Lidapparates hat. Die Lidspalte ist hiebei noch sehr weit: sie klafft im Maximum 0,2125 mm. Die Lider sind sowohl Aussen, als an ihrer inneren, dem Auge zugekehrten Seite mit dem Körperepithel bekleidet, das hier, wie das der *Cornea*, mit dem es im ununterbrochenen Zusammenhang steht, den Anfang zur Epidermisbildung gemacht hat. Es hat sich ein *Rete Malpighii*, das hier aus den typischen Cylinderzellen besteht, gebildet, und ausserhalb desselben haben sich 1—2 Schichten flacher Zellen aufgelagert. Auf der Innenseite des *Rete Malpighii* setzen sich an dasselbe da und dort bereits Bindegewebszüge an und bilden die erste Anlage einer *Cutis*.

Stadium VI (13 mm).

Auf dieser Stufe zeigen die Auglider fast gar keinen Fortschritt. Das einzige Bemerkenswerthe ist, dass sie sich etwas mehr genähert haben, sodass ihre gegenseitige Entfernung jetzt 0,2040 mm im Maximum beträgt. Ein mit Sicherheit als solcher in Anspruch zu nehmender Anfang zum Verschlusse der Lidspalte zeigt sich noch nicht.

Stadium VII (17 mm).

Die weiteste Distanz der beiden Lidränder, gemessen je von der äusseren Fläche des *Rete Malpighii* aus, beträgt jetzt 0,1098 mm. Diese Stelle liegt indessen nicht dem distalen Augenpol gegenüber, sondern ist ein Stück weit gegen den vorderen Augwinkel hin verschoben.

Die Zellen des *stratum corneum* auf der äusseren Seite der Auglider zeigen eine sehr weitgehende Vermehrung und wuchern über die äusseren Lidränder hin in den bis dahin offenen Raum der Lidspalte hinein, den sie auf vorliegender Entwicklungsstufe bereits zu einem grossen Theile ausfüllen. Es bleibt davon nur noch eine Oeffnung von 0,0673 mm Durchmesser frei. Auf der Innenfläche der Auglider ziehen

sich die hineingedrungenen Epidermiszellen in einer Schicht, die freilich immer mehr an Stärke verliert, weit gegen die Lidwinkel, den *fornix Conjunctivae*, hin. Dorsal erreichen sie ihn beinahe; die Entfernung vom inneren Lidrande bis zu der Stelle, wo die eingewanderten Zellen auf der Innenfläche des oberen Auglides aufhören, beträgt 0,26 mm; ventral sind sie längs der inneren Auglidfläche viel weniger weit vorgedrungen, denn jene Entfernung misst hier nur 0,15 mm.

Die Lidspalte ist also in einem grossen Theile ihrer Ausdehnung von einem Epithelpfropf verschlossen, der direkt vor der Linse, in der verlängerten Augenaxe gemessen, eine Mächtigkeit von 0,1040 mm besitzt. Die noch offene Stelle liegt in der Mitte zwischen den Lidrändern, ist daher vom distalen Augenpol weg ebenfalls gegen den vorderen Augwinkel hin verschoben. Der Conjunctivalsack ist hier, wie vor der Linse selbst, 0,0118 mm stark.

Das *Rete Malpighii* betheiligt sich an der beschriebenen Wucherung niemals direkt. Seine Zellen, auf der Aussenfläche der Auglider etwa kubisch, besitzen auf der Innenfläche die charakteristische Cylinderform (0,0104 mm hoch), und nehmen erst gegen den Lidwinkel hin wieder kubische Gestalt an. Nach Aussen liegen dem *Rete Malpighii* 1—2 Lagen platter Zellen, das *stratum corneum*, auch an den Stellen auf, die von den eingewanderten Epidermiszellen nicht mehr erreicht werden.

Stadium VIII (19,7 mm).

Die Distanz der beiden Lidränder, d. h. der Aussenflächen der beiderseitigen Abschnitte des *Rete Malpighii*, beträgt jetzt 0,1272 mm. Die Lidöffnung ist durch den für's letzte Stadium näher beschriebenen Epithelpfropfen auf 0,0212 mm verengt. Am Innenrande der Auglider ziehen sich die Lagen der eingewanderten Epidermiszellen nunmehr dorsal 0,1587, ventral 0,1410 mm weit gegen den betreffenden *fornix Conjunctivae* (Lidwinkel) hin.

Der distale Augenpol liegt auch hier nicht hinter der noch übrig gebliebenen Oeffnung; letztere ist vielmehr ebenfalls oralwärts, sowie ausserdem auch ein wenig dorsalwärts verschoben. Doch ist beides nicht in dem hohen Grade der Fall, wie beim vorigen Stadium.

Nahe der Stelle, wo die Lider dorsal resp. ventral in die Körperhaut und die darunter liegenden bindegewebigen Theile übergehen, also in gewisser Entfernung von den das Auge selbst deckenden Theilen treten nun die ersten Haaranlagen auf.

Stadium IX (22,3 mm).

Die äusseren Flächen der den Lidrändern angehörigen Theile des *Rete Malpighii* haben sich auf 0,07 mm genähert. Der Verschluss der Lidspalte durch eingewanderte Zellen des *stratum corneum* ist nunmehr insofern ein vollständiger geworden, als das Auge dadurch absolut verhindert ist, mit der Aussenwelt direkt zu communiciren. Die ausfüllenden Zellmassen, die von den Lidrändern her gegen die Mitte der Lidspalte vorschritten, haben aber erst in den mittelsten Partieen derselben ihre Bestimmung erfüllt; während die äusseren, also distalen, und die inneren, dem Auge zugekehrten Theile des Lidloches noch nicht von den Epithelzellen occupirt worden sind. Der schliessende Pfropf zeigt daher sowohl von der äusseren Körperfläche, als von der inneren Fläche der Lider aus betrachtet, noch beiderseits eine ziemlich tiefe Einsenkung.

Durch die weitere Annäherung der Lidränder selbst aneinander, an der aber das untere, und besonders dessen caudaler Abschnitt, sich viel mehr betheiligt, als das obere, ist abermals eine Verschiebung der Lidspalte oralwärts und dorsalwärts erfolgt. Beim vorliegenden Stadium hat nun aber auch der Bulbus

eine entsprechende Lagenveränderung erfahren, um mit seinem distalen Pole hinter die Mitte der (verwachsenen) Lidspalte zu liegen zu kommen. Er hat diese Lage allerdings nicht vollständig eingenommen, kommt derselben aber entschieden weit näher, als dies beim letztbetrachteten Stadium der Fall war.

Stadium X (27,5 mm).

Die Lidränder sind 0,0708 mm von einander entfernt. Die zwischen ihnen liegende Lidspalte ist durch den öfters beschriebenen Epithelpfropf vollständig verschlossen. Dieser hat eine Dicke (Tiefe) von 0,2479 mm und setzt sich in der geschilderten Weise auf die Innenfläche der Auglider fort.

Stadium XI (32 mm).

Es haben sich die Lidränder jetzt bis auf 0,0248 mm einander genähert. Der ausfüllende Epithelpfropf hat eine Dicke (Tiefe) von 0,2655 mm gewonnen. Er setzt sich, allmählich immer dünner werdend, auf der Innenfläche der Lider proximalwärts fort und zwar dorsal 0,1947, ventral 0,2297 mm weit. Die Vermehrung der Zellen des *stratum corneum*, die das Material zur Ausfüllung der Lidspalte liefern, ist sehr gesteigert worden, und es musste daher auf diese oder jene Weise für sie Platz geschaffen werden. Dies ist einerseits durch die geschilderte Weiterausbreitung an der Innenfläche der Augenlider geschehen, andererseits aber sind auf dieses Bestreben verschiedene Einstülpungen oder, vielleicht besser gesagt, Eindrückungen der Lidränder selbst zurückzuführen. Diese Erscheinung findet sich schon bei den letzten Stadien, hat aber beim vorliegenden zuerst in grösserem Umfange Platz gegriffen. Neben einigen kleineren Einbuchtungen derselben Art findet sich hier nämlich am Lidrande, nahe dessen innerer Grenze, eine ca. 0,07 mm tiefe grubenartige, ringförmige Eindrückung des *Rete Malpighii* in die ihm unterliegenden mesodermalen Gewebsteile hinein. Die Ränder der Spalte klaffen ca. 0,0527 mm weit; sie wird von den Epithelzellen des Pfropfes vollständig ausgefüllt.

Auf dieselbe Ursache dürfte auch folgendes abnorme Verhalten des Auglides, das ich bei einem Embryo der vorliegenden Entwicklungsstufe beobachtet habe, zurückzuführen sein. Es scheint hier nämlich die äussere Hälfte des oberen Auglides über das untere sich herübergezogen zu haben. Die Innenfläche dieses verlängerten oberen Lides ist mit der Aussenfläche des in seiner Lage unveränderten unteren durch Vereinigung der beiderseitigen *Strata cornea* verwachsen. Die innere Hälfte des oberen Auglides ist in ihrer alten Lage geblieben und sein Lidrand ist von dem des unteren ca. 0,025 mm entfernt; die Spalte zwischen beiden ist durch den bekannten Epithelpfropf verschlossen, dessen Elemente mit den Epithelzellen, welche dem oberen Auglid von Innen, dem unteren von Aussen anliegen, in direktem Zusammenhang stehen.

Von Aussen nach Innen betrachtet stellt sich hier also ein Epithelpfropf dar, der zunächst in ventro-dorsaler Richtung zwischen die Auglider hineingewachsen, dann unter rechtem Winkel umgeknickt worden zu sein scheint, in Folge dessen er nun seinen Weg in distal-proximaler Richtung fortsetzt, immer den Raum zwischen den Lidern ausfüllend und sich endlich in der mehrfach beschriebenen Weise an der Innenfläche der letzteren ausbreitend.

Thatsächlich hat sich die geschilderte Erscheinung wohl folgendermassen vollzogen. Die Auglider lagen sich zunächst in der gewöhnlichen Weise, mit ihren Rändern 0,025 mm von einander entfernt, gegenüber; die Lidspalte war durch Epithelzellen, die von den benachbarten Theilen der Aussenflächen beider Auglider her eingewandert waren, ausgefüllt. Diese Zellen fingen nun an, aus unbekannten Gründen sich in noch rascherem Tempo, als gewöhnlich zu vermehren, so dass zu ihrer Unterbringung bald das auch

hier angewendete Mittel der Grubenbildung im Lidrande nicht mehr ausreichte. Der durch das schnelle Wachsthum des Epithelpfropfes nach allen Seiten ausgeübte Druck wirkte nun augenscheinlich auf die äussere (distale) Hälfte des oberen Lidrandes weniger intensiv, als anderwärts, und so war es nur dieser Partie möglich, ohne allzugrosse Behinderung weiter zu wachsen. Der einzige Weg, der dazu vorhanden blieb, war nun der, welcher über das untere Auglid hinführte. Der Raum zwischen beiden Lidern wurde dann sofort durch die neugebildeten, resp. durch die von der Aussenfläche beider Lider her neu eingewanderten Epithelzellen wieder ausgefüllt.

Das geschilderte Verhalten der Augenlider war übrigens auf die orale Hälfte des Auges beschränkt.

Das erwachsene Thier.

Fast in allen Fällen ist die Lidspalte nun wieder vollständig geöffnet. Von den Zellen des auf embryonalen Stufe sie ausfüllenden Epithelpfropfen ist immer jede Spur verschwunden. Nur die rinnenförmigen Einbuchtungen an den Lidrändern, die, wie das vorige Stadium gezeigt hat, dem Raumbedürfniss der stark vermehrten Epithelzellen ihren Ursprung verdanken, geben noch Kunde von ihrer früheren Anwesenheit. Daraus, dass diese Rinnen an Zahl zugenommen haben, (man zählt beim erwachsenen Thiere bis zu drei, während beim höchstentwickelten der von mir untersuchten Embryonen fast immer nur eine, ganz selten der Anfang einer zweiten sich zeigte), geht hervor, dass zwischen der Stufe jenes Embryo und der des erwachsenen Thieres die Vermehrung der Epithelzellen, und andererseits die gegenseitige Annäherung der Lidränder noch zugenommen haben muss. In Folge des letzteren Umstandes wurde der Raum für die Epithelzellen noch weiter verringert und es musste für sie anderweitig Platz geschaffen werden, was hauptsächlich durch die erwähnte Rinnenbildung geschehen ist.

Schon beim letzten embryonalen Stadium liess sich in seltenen Fällen eine vollständige Verwachsung der beiden Lidränder constatiren, die Lidspalte war also nicht bloss durch den Epithelpropf verschlossen, sondern die Auglider selber waren, unter Resorption der Conjunctiva an der betreffenden Stelle, ineinander übergegangen. Eine solche innige Vereinigung erstreckte sich indessen niemals auf den Lidrand in seiner ganzen Ausdehnung, also auf die gesammte Dicke des Auglides, sondern war immer auf eine verhältnissmässig schmale Stelle am inneren, oder äusseren Lidrande beschränkt. Der Rest der Lidspalte wird dabei von den Epithelzellen in der gewöhnlichen Weise ausgefüllt. Beim ausgebildeten Thiere tritt eine derartige unmittelbare Verwachsung nun ebenfalls auf, freilich nur in ganz seltenen Fällen. (Unter etwa fünfzig daraufhin untersuchten Thieren fand ich sie nur einmal ganz deutlich, ein zweites Mal andeutungsweise.) Die übrige Lidspalte war dabei aber stets offen, also frei von den hereingewucherten Elementen des *stratum corneum*. Die Entwicklungshemmung, die auch in diesem Falle, aus anderen Gründen, angenommen werden muss, ist also dann zu einer Zeit eingetreten, wo die Wiederöffnung der Lidspalte bereits in Angriff genommen, allein noch nicht vollständig durchgeführt war.

Der beschriebene Fall stellt aber, wie bemerkt, stets eine seltene Ausnahme dar, und es ist somit ganz unrichtig, im Allgemeinen zu behaupten, dem erwachsenen Maulwurfe fehle eine offene Lidspalte, wie dies von den Neueren z. B. Semper¹⁾ thut.

Für die Weite der Lidspalte Masse anzugeben, hat keinen Zweck, da die Lider ja, wenigstens bis

¹⁾ Semper. Die Existenzbedingungen der Thiere. Bd. I. p. 97 ff.

zu einem gewissen Grade, beweglich sind und im Moment des Todes die allerverschiedenste gegenseitige Entfernung aufgewiesen haben mögen. Grösser als 0,4 mm kann übrigens, wie meine Untersuchungen an frischen Exemplaren gezeigt haben, der Durchmesser der Lidspalte, wenn überhaupt, so doch jedenfalls nur ganz ausnahmsweise werden. Ebenso wenig lässt sich über die Stärke der Auglider im Umkreise der Lidspalte etwas genaueres angeben, man kann höchstens feststellen, dass dieselbe immer bedeutender ist, als der Durchmesser der Lidspalte. In vielen Fällen hatten die Lider nahe dem Lidrande eine Mächtigkeit von 1,3 mm, doch kam es sehr oft auch vor, dass ihre Dicke geringer, seltener, dass sie bedeutender war.

Lidrand und innere Fläche der Auglider sind von der *Conjunctiva* überzogen, die eine direkte Fortsetzung des Körperepithels bildet. Dieselbe besteht aus einem *Rete Malpighii*, dessen Zellen im Lidrand und den vorderen Theilen der inneren Lidflächen cylindrisch, oder cubisch und mit kugeligen Kernen versehen sind; gegen den *fornix Conjunctivae* hin verlieren sie aber unter allen Umständen ihre Cylinderform, und werden cubisch, häufig sogar dick-plattenförmig, die Kerne behalten jedoch die Kugelform bei.

Nach Aussen folgen auf das *Rete Malpighii* zwei Lagen kernführender Zellen des *stratum corneum*. Dieselben haben selten cubische, meist mehr oder weniger dicke Plattenform mit kugeligen, oder länglich-ovalen Kernen, deren lange Achse dann parallel zur Fläche der Schicht verläuft. Die äussersten beiden Lagen der *Conjunctiva* bilden verhornte, langgestreckte, schuppenartige Zellen, die meist keine Spur eines Kernes mehr zeigen. Sie finden sich von der Lidspalte aus indessen nur etwa bis in die Mitte der inneren Lidfläche, von dort aus bis zum Lidwinkel fehlen sie vollständig.

Im Gegensatz zur cornealen *Conjunctiva* schliesst sich an die des Lides innen stets eine aus feinen, enggeschichteten, kernarmen Bindegewebszügen gebildete *Cutis* an, die etwa dieselbe Mächtigkeit hat, wie die Epidermis an der gleichen Stelle.

Die Hauptmasse des Auglides besteht aus losen unregelmässig verlaufenden Bindegewebsmassen mit reichlichen, aber kleinen Gefässen. Bei vielen, jedoch nicht allen Exemplaren tritt auch der sogenannte Lidknorpel auf, d. h. eine durch Verflechtung und Verfilzung zu einem besonderen Festigkeitsgrade gebrachte Bindegewebspartei, nicht weit vom Lidrande entfernt.

Die äussere Fläche der Auglider ist immer dicht mit Haaren besetzt und zwar bis an den Lidrand hin: es ist also unrichtig, wie man vielfach gethan hat, zu behaupten, dass die Auglider des Thieres, weil haarlos, äusserlich leicht von dem umgebenden Felle zu unterscheiden seien. Es kann ja sein, dass die Haare einmal etwas weniger dicht stehen: gross ist dieser Unterschied aber jedenfalls niemals, und unter keinen Umständen so bedeutend, dass er sich ohne sehr genaue Untersuchung nachweisen liesse.

Am Lidrande, und zwar an seiner äusseren Hälfte, finden sich stets einige sehr starke, borstenähnliche Haare: d. h. Augenwimpern. Dieselben sind schräg nach Aussen gerichtet und kreuzen sich daher gegenseitig, eine Einrichtung, die jedenfalls zum Schutze des Sehorgans gegen Fremdkörper beizutragen bestimmt ist.

Was die Beweglichkeit der Lider, besonders des oberen, betrifft, so ist eine solche in dem gewöhnlichen Sinne, wenn überhaupt vorhanden, jedenfalls ganz unbedeutend, da die dazu nöthigen Muskeln bis auf wenige, zweifelhafte Spuren ganz fehlen.

Um diesem Uebelstande abzuhefen, besteht ein besonderer, in dieser Art meines Wissens sich sonst nirgends findender Muskelapparat. Es zieht sich nämlich vom hinteren Augpole her, der Sclera meist dicht anliegend, ein System von Muskelbündeln um den Bulbus herum und in die Lider hinein, in deren bindegewebige Hauptmasse die Sehnen ausstrahlen. Zum Theil treten sie auch an, resp. in den Lid-

knorpel. Diese Muskeln erreichen damit jedoch nie das Niveau des vorderen Augenpoles, werden also nicht zur gegenseitigen Berührung oder Kreuzung kommen. Vor Allem ist zu beachten, dass sie in der Hauptsache auf diejenigen Theile der Lider beschränkt sind, die neben der Lidspalte d. h. oral und caudal von dieser liegen: in den eigentlichen, getrennten Auglidern fehlen sie zwar auch nicht vollständig, reichen jedoch hier immer nur ein ganz kleines Stück weit über das Niveau des *Fornix* distalwärts hinaus.

Am proximalen Augenpole, oder in dessen Nähe finden sich nirgends feste Theile, an welche sich die fraglichen Muskeln inseriren würden: sie hängen vielmehr unter sich insofern zusammen, als starke, sehnenartige Bindegewebsstränge, die, von der Gegend des Augpoles aus ja nach allen Richtungen hin, parallel zur Bulbus-Fläche in die Lider hineinstrebenden Muskelbündel mit einander verbinden. In einzelnen Fällen traten in diesen Bindegewebszügen ebenfalls wieder ganz zweifelloose Muskelfasern auf, es hatte sich also um den Bulbus eine aus Muskeln gebildete Hohlkugel angeordnet, deren proximale und aequatoriale Theile der Sclera dicht anliegen, mit dieser wohl auch durch bindegewebige Fasern verbunden sind, während sie in ihren distalen Partien zu dem Gewebe der Augenlider in innigem Zusammenhange tritt. Die Hohlkugel stellt übrigens keineswegs eine compacte Masse, eine geschlossene Fläche, dar. Es handelt sich dabei vielmehr um ein dichtes Flechtwerk von Muskelbändern, zwischen denen, besonders in der Gegend des proximalen Augenpoles, noch reichlich Raum für den Durchtritt der Augmuskeln, Nerven, Gefässe etc. des Bulbus frei bleibt.

Die Contraction einer Partie dieses Muskelapparates wird nun bewirken, dass beide Auglider in der Richtung auf den contrahirten Theil hin gezogen werden, dadurch wird die Lidspalte ihre Lage verändern, und Theile der ungetrennten Auglider kommen vor die Pupille zu liegen, schützen also das Auge gegen äussere Einflüsse. Die Unverschliessbarkeit der Lidspalte würde dem Sehorgan ja zweifellos Nachtheile bringen. Die Einrichtungen, welche sonst eine Beweglichkeit der Lider ermöglichen, sind im Maulwurfsauge nun aber nicht ausgebildet worden. Der Grund dafür ist mir freilich nicht erfindlich, vielleicht ist er in der grossen Weite und Flachheit der Orbitalhöhle und dem dadurch entstandenen Mangel eines geeigneten Insertionspunktes für den *Musc. levator palpebrae* zu suchen. Es hat sich nun der geschilderte Apparat entwickelt, der es ermöglicht, im gegebenen Momente die Lidspalte von dem Orte, wo sie schädlich wäre, wegzuschieben. Es handelt sich dabei also in der Wirkung um eine ähnliche Einrichtung, wie sie bei anderen Wirbelthieren die hier nicht ausgebildete Nickhaut darstellt, nur dass diese mehr oder weniger durchsichtig zu sein pflegt.

Bei einer allgemeinen oder partiellen Contraction des fraglichen Muskelapparates würde dann aber weiterhin noch ein Druck auf den Bulbus, dem der Muskel ja dicht anliegt, oder von dem er nur durch eine dünne Bindegewebsschicht getrennt ist, ausgeübt werden. In Folge dessen wird der Augapfel nach vorne distalwärts geschoben. Hat nun, eben in Folge der oben geschilderten Muskelthätigkeit, eine Lagenveränderung des Lidloches stattgefunden, so wird nun der Bulbus gegen die Innenfläche des oberen, unteren, oralen, caudalen Auglides, je nach der Richtung, in welcher die Contraction gewirkt hat, angedrückt, und so der Schutz, den das Lid dem Bulbus gewährt, noch erhöht werden.

Dass man es bei dem Muskel mit einem dem Maulwurfsauge ausschliesslich eigenen Apparate zu thun haben sollte, möchte ich nicht annehmen, doch ist es mir freilich nicht möglich, bei den anderen höheren Wirbelthieren entsprechende Muskeln mit Sicherheit zu bezeichnen. Am ehesten möchte ich dabei noch an den Orbitalmuskel denken, der sich häufig um den Bulbus, wenigstens längs seiner ventralen und

proximalen Fläche, herlegt. Der grossartige Lidmuskelapparat des Maulwurfs wäre dann ein, besonders dorsalwärts stark weiterverbreiteter und auch sonst bedeutend vergrösserter *Musc. orbitalis*.

Nahe läge auch die Annahme, den Apparat als eine Verbindung eines Orbitalmuskels mit den Anlagen von Palpebralmuskeln aufzufassen. Die letzteren vermochten wegen des beinahe vollständigen Fehlens einer Orbitalhöhle und der dadurch bedingten grossen Entfernung fester Skeletttheile, an denen sie inseriren könnten, ihre gewöhnliche Bestimmung, d. h. Bewegungsmuskeln für die Lider darzustellen, nicht zu erreichen. Sie wurden dann, unter entsprechender Umlagerung, zur Bildung des Apparates mit herangezogen, der gerade dem Uebelstande, dass sie in der Erfüllung ihrer Aufgabe gehindert waren, abzuhelpen bestimmt ist.

Z u s a m m e n f a s s u n g.

Die Augenlider entstehen auf früher Embryonalstufe in Form einer um das Auge herum sich bildenden kreisförmigen Aufwulstung der Körperhaut und des ihr unterliegenden Mesodermgewebes. Die innere Fläche dieses Ringwalles wird immer steiler, und als ihre Fortsetzung senkt sich im Umkreise des Bulbus eine Spalte in die Tiefe, die oft bis über den Aequator des Auges hinausgeht. Die Spitze der Aufwulstung wächst in die Länge und gegen den vorderen Augpol hin. Auf diese Weise entsteht frühe die deutlich erkennbare Form von Auglidern. Die dorsalen und ventralen Parteen dieser Ringfalte setzen das Wachsthum nun fort, während die oralen und caudalen mehr zurückbleiben.

Das Körperepithel, das vorher den Ringwulst und die vordere Bulbus-Fläche gleichmässig bekleidet hatte, entwickelt sich zur *Conjunctiva*, die in ihren Lidparteen eine von ihren cornealen Abschnitten etwas verschiedene Ausbildung erhält.

Waren anfangs der dorsale und ventrale Abschnitt der Ringfalte, also das obere und untere Auglid, einander gleichmässig entgegengerückt, so beginnt später in Bezug auf das untere ein gesteigertes Wachsthum einzusetzen, und auch die caudale Partie nimmt wieder in höherem Grade an der Weiterentwicklung Theil. In Folge dessen wird die zwischen den Lidern freigebliebene Stelle, die Lidspalte, dorsal- und oralwärts verschoben, der distale Augpol könnte also nicht mehr hinter der offenen Spalte liegen, wenn nicht der Bulbus selbst diese Verschiebung mitmachen würde. Eine solche Lagenveränderung der Lidspalte und entsprechendes Nachrücken des Bulbus lässt sich bis in die höchsten Embryonalstadien hinein constatiren, d. h. bis zu dem Verschlusse der Lidspalte, mit dessen Vollendung sie sofort aufhört. Die Lider wachsen sich von da an wieder ganz gleichmässig entgegen.

Der Verschluss der Lidspalte geschieht durch Hereinwandern von Elementen aus dem *stratum corneum* der äusseren Lidflächen. Diese Zellen verbreiten sich ein Stück weit auch auf die inneren Lidflächen. Noch nach vollständigem Verschlusse der Lidspalte wachsen sich die Lidränder indessen noch weiter entgegen, bis zur, wenigstens stellenweise erfolgenden, gänzlichen Verwachsung. Der Raum für die Epithelzellen wird dadurch immer mehr verengt. Da dieselben aber ihre Vermehrung nicht einstellen, muss für ihre Unterbringung anderweitig Platz geschaffen werden, und dies geschieht einerseits durch Weiterausbreitung über die Innenfläche der Lider, oft bis zum *Fornix* hin, und andererseits durch Eindrückung der Lidränder in Gestalt von ringförmigen Rinnen, die sich im selben Auge mehrfach wiederholen kann.

Die Weite der Lidspalte, ohne Rücksicht auf den ev. Verschlusspfropfen, also die Distanz der Lidränder, sowie das Verhältniss dieser Entfernung zur Bulbushöhe bei den einzelnen Stadien soll die folgende Tabelle veranschaulichen.

Stadium	Thierlänge mm	Bulbushöhe mm	Distanz der Lidränder mm	Verh. von Liderdistanz zu Bulbushöhe
V	11	0,3789	0,2125	1 : 1,78
VI	13	0,3446	0,2040	1 : 1,69
VII	17	0,4660	0,1098	1 : 4,24
VIII	19,7	0,5168	0,0850	1 : 5,97
IX	22,3	0,5186	0,0700	1 : 7,41
X	27,5	0,6268	0,0708	1 : 8,85
XI	32	0,5525	0,0248	1 : 22,27

Die Wiederöffnung der Lidspalte, während, oder kurz nach der Geburt geht viel rascher vor sich, als der Verschluss, doch scheint immerhin eine gewisse Zeit dazu erforderlich zu sein. Man trifft ja beim Auge des erwachsenen Thieres, wenn auch selten, Auglider, welche noch innige Verwachsung zeigen, während die Zellen des Epithelpfropfen bereits wieder sämmtlich verschwunden sind.

Von der Lidmuskulatur fehlt auch bei den höchsten Embryonen jede Spur, sie scheint sich also unmittelbar nach der Geburt anzulegen. Ebenso verhält es sich mit dem sog. Lidknorpel.

Von Haarbildung zeigen sich schwache Spuren bei den höchsten Embryonen; besonders häufig sind die ersten Anlagen von einigen der starken Haare des Lidrandes, also der Wimpern, zu constatiren. Die allgemeine Behaarung der äusseren Lidfläche erfolgt indessen ebenfalls erst nach der Geburt.

Augendrüsen.

Stadium V (11 mm).

Auf dieser Entwicklungsstufe zeigen sich die ersten Spuren drüsiger Gebilde am Maulwurfsauge.

Im Gebiete des unteren Auglides, dicht bei dem vorderen Augwinkel, hat das *Rete Malpighii* der *Conjunctiva* eine Aussackung, nahe dem *Fornix Conjunctivae* erhalten, die zunächst allerdings nur von sehr geringer Ausdehnung ist. Sie stellt einen einfachen Schlauch dar, 0,07 mm lang, an seiner Mündung 0,0299 mm breit. Die Zellen des *Rete Malpighii*, die in einfacher Lage seine Wand bilden, haben hier kubische Form angenommen; am blinden Ende des Schlauches finden sie sich mehrschichtig angeordnet.

Eine noch weniger entwickelte Drüsenanlage zeigt sich in der caudalen Hälfte des unteren Auglides, doch vom hinteren Augwinkel ziemlich entfernt. Hier hat, ebenfalls neben dem *Fornix* (Lidwinkel) die *Conjunctiva* eine flache Grube zu bilden begonnen, die von den fast unveränderten Zellen des *Rete Malpighii* ausgekleidet wird.

Im oberen Auglide, etwa in der Mitte der oralen Lidhälfte, geht von der dem Auge zugekehrten Lidfläche, und zwar auch ungefähr von ihrer Mitte aus, eine solide, strangförmige Wucherung des *Rete Malpighii* in die Tiefe. Dieser Strang hat an seinem Anfange, wo er mit dem *Rete Malpighii* in festem Zusammenhange steht, eine Dicke von 0,0364 mm. Er wendet sich unter allmählicher Stärkezunahme zunächst annähernd in horizontaler Richtung verlaufend, gegen die Wandung der Riechkapsel. Kurz ehe er dieselbe erreicht, ist er 0,0637 mm dick geworden. Er biegt alsdann unter rechtem Winkel um und verfolgt nun, sich immer an jener Knorpelwand haltend, eine orale Richtung, in deren Verfolgung er sich zugleich ein wenig ventralwärts neigt. Kurz nach seiner Umbiegung ist seine Stärke wieder auf 0,0425 mm zurückgegangen und er behält diese bei, wenigstens solange ich ihn habe verfolgen können. Ueber seine Endigung Näheres zu erfahren, gestattete mir die Beschaffenheit meiner Präparate leider nicht. Ein *Lumen* besitzt der Strang niemals, doch ist sein Bau in den centralen Partien viel lockerer und unregelmässiger, als in den peripherischen, die von einer sehr gleichartig angeordneten, enge gedrängten einfachen Zellenlage gebildet werden.

Im unteren Auglid, in der Mitte von dessen caudaler Hälfte, hat der Lidwinkel einen Schlauch abgehen lassen, der, wie die obenerwähnten Drüsenanlagen, ausschliesslich von Zellen des *Rete Malpighii* gebildet wird. Seine Wandung ist zunächst einschichtig. Er hat eine Anfangsdicke von 0,0212 mm und zieht sich vom Auglide aus direkt ventralwärts, zugleich auch etwas proximalwärts, in der Richtung auf die Mundhöhle zu. Bald wird seine Wandung mehrschichtig unter Verdrängung des bisher vorhanden gewesenen *Lumen*. Seine Dicke wächst dabei allmählich auf 0,0597 mm an. Der Schlauch biegt dann wieder unter rechtem Winkel um und zieht caudalwärts hin, zugleich noch ein wenig ventralwärts, aber jetzt nicht mehr auch proximalwärts verlaufend. Schliesslich endigt er blind 0,3622 mm unter der Körperoberfläche.

Stadium VI (13 mm).

Die Aussackung, welche nahe dem vorderen Augwinkel neben dem *Fornix* des unteren Auglides sich gebildet hat, ist beim vorliegenden Stadium etwas tiefer geworden, zeigt aber sonst keine Veränderung.

Von der flachen Grube an der caudalen Hälfte des unteren Auglides findet sich hier keine Spur, dagegen zeigt die caudale Hälfte des oberen Auglides einen neben dem Lidwinkel (*Fornix*) abgehenden kurzen Gang.

Der solide Strang, der schon beim vorigen Stadium von der inneren Fläche des oberen Auglides abging, findet sich an derselben Stelle wieder. Er hat eine Anfangsdicke von 0,0248 mm und verfolgt die oben beschriebene Richtung. Kurz vor der Umbiegung an der Riechkapsel ist er 0,0562 mm stark. Er lässt sich sehr weit nach vorne verfolgen und tritt augenscheinlich in das Geruchsorgan hinein, doch gestatten mir auch hier meine Präparate nicht, mich über diesen Punkt mit Bestimmtheit auszusprechen. Nur das konnte ich mit Sicherheit feststellen, dass der Strang in den am meisten oralwärts gelegenen Partien, wo er eine Dicke von 0,0398 mm besitzt, durch Klüftung seiner centralen Zellen, deutlich erkennbar den Anfang zur Bildung eines *Lumen* gemacht hat. In den dem Auge mehr genäherten Theilen der Anlage ist dagegen hievon keine Spur zu entdecken.

In der caudalen Hälfte des unteren Lides geht aus dem *Fornix* der beschriebene lange Gang ab. Er ist am Anfang 0,0389 mm stark. Zunächst zieht er sich ventralwärts hin, schwillt dabei auf 0,0949 mm an, um jedoch bald wieder auf 0,04 zurückzugehen, und in dieser Stärke seinen Weg caudalwärts, zugleich etwas ventralwärts geneigt, in der Direktion auf die Mundhöhle zu, fortzusetzen.

Stadium VII (17 mm).

Von dem kurzen Schlauch, der sich bei den früheren Stadien vom unteren Auglid nahe dem vorderen Augwinkel ausgehend nachweisen liess, findet sich hier nichts mehr. Es tritt jetzt dafür, nicht weit von der genannten Stelle, aber entschieden im Gebiete des oberen Lides, eine weiter entwickelte Drüsenanlage auf. Dieselbe stellt ebenfalls einen einfachen Schlauch dar, der, auch hier dicht neben dem Lidwinkel seinen Ursprung nehmend, nur aus Zellen des *Rete Malpighii* gebildet wird, die, in einfacher Lage angeordnet, seine Wandung darstellen. Er zieht sich am *Bulbus* hin bis zu dessen hinterem Pol, von welchem er sich 0,0862 mm entfernt hält und endigt hier blind. Die Zellen seiner Wandung, die durchweg die cylindrische Form verloren und kugelige, resp. in Folge der gegenseitigen Pressung, polyedrische Gestalt angenommen haben, sind in dem blinden Ende, und schon eine kurze Strecke vorher, mehrschichtig angeordnet. Es ist dadurch das sonst ziemlich grosse *Lumen* des Schlauches fast ganz verdrängt.

Die Drüsenanlage der caudalen Augpartie tritt hier nun wieder im unteren Auglide auf, wo sie in Form eines einfachen Schlauches von geringer Tiefe nahe dem hinteren Augwinkel aus dem Lidwinkel selbst abgeht. Ihre Wandung ist an der Mündungsstelle einschichtig, bald finden sich die Zellen des *Rete Malpighii* jedoch in zwei Lagen, und gleich darauf mehrschichtig angeordnet.

Die solide Wucherung, die vom oberen, oralen Lid, etwa in der Mitte von dessen innerer Fläche, abgeht, hat eine Anfangsstärke von 0,08 mm. Ueber den Verlauf des Stranges ist nichts Neues zu berichten, und ebenso zeigt der in der caudalen Partie des unteren Auglides nahe dem hinteren Augwinkel aus dem *Fornix* abgehende lange Gang durchweg das bereits für das letzte Stadium geschilderte Verhalten, doch lässt er sich jetzt noch etwas weiter gegen die Mundhöhlenwandung verfolgen.

Stadium VIII (19,7 mm).

Bei diesem Stadium zeigte sich in einem Falle in Bezug auf die Drüse des oralen oberen Auglides eine Verschiedenheit zwischen den beiden Augen desselben Thieres.

Im rechten Auge zieht sich die Drüsenanlage als einfacher Schlauch mit einer anfänglichen Stärke von 0,0248 mm gegen den proximalen Augpol hin. Sie erstreckt sich von hier aus noch ziemlich weit caudalwärts und ventralwärts und endigt blind in ziemlicher Entfernung von dem Auge. Der Schlauch ist hier 0,0585 mm dick. Sein Bau zeigt keine Aenderungen gegen früher.

Im linken Auge geht an derselben Stelle des oberen Auglides, also in der Mitte der oralen Lidhälfte, dicht neben dem Lidwinkel ein Schlauch ab, der eine Dicke von 0,0247 mm besitzt. Von diesem zweigt dann sofort ein zweiter Gang ab, mit einer Anfangsdicke von 0,0143 mm. Beide ziehen nun, so ziemlich gleichlaufend, gegen den proximalen Augpol hin, setzen aber ihren Weg, immer sich am Augapfel hinziehend, über ersteren hinaus fort und endigen nahe dem Lidwinkel der caudalen Hälfte des unteren Auglides. Der erste, primäre Schlauch hört dabei etwas früher auf als der zweite, von ihm abgezweigte, secundäre. Kurz vor dem blinden Ende haben beide ihre grösste Stärke, der primäre mit 0,0455, der secundäre mit 0,0520 mm.

Was die Drüsenbildung des hinteren Augwinkels betrifft, so tritt auch in dieser Beziehung zwischen den beiden Augen eine kleine Verschiedenheit zu Tage. Stets geht die Aussackung des *Rete Malpighii* dabei zwar vom oberen Lidwinkel selbst aus; im rechten Auge liegt diese Stelle jedoch ganz in der Nähe des hinteren Augwinkels, im linken dagegen in der Mitte der caudalen Lidhälfte. In beiden Fällen sind die Aussackungen nur sehr wenig tief.

Die in der oralen Hälfte des oberen Auglids gebildete strangartige Wucherung des *Rete Malpighii*, wie sie sich auf der zuletzt betrachteten Entwicklungsstufe darstellte, hat nun eine Reihe von Umbildungen erlitten. Für die beiden Augen zeigt das vorliegende Stadium in dieser Hinsicht kein verschiedenes Verhalten.

Das *Lumen*, das der Strang, wie bemerkt, beim letzten Stadium erst in seinem vom Auge am entferntesten gelegenen Teile zu entwickeln begonnen hatte, ist jetzt bis unmittelbar an das *Rete Malpighii* des Auglides hin ausgebildet, doch ist noch kein Durchbruch durch dieses zu Stande gekommen, eine Communication der aus dem Strange hervorgegangenen Röhre mit dem Conjunctivalsack also schon aus diesem Grunde ausgeschlossen. Die Stelle, wo der Gang mit der *Conjunctiva* zusammenhängt, liegt indessen jetzt am Rande des Auglides an einer Stelle, die noch in den Bereich des die Lidspalte erfüllenden Epithelfropfes fällt; eine Verbindung des Ganglumens mit dem Raum zwischen Auge und Auglidern wäre also auch dadurch, wenigstens vorläufig, verhindert.

Es geht nun aus dem Gebiete des unteren Auglides, unmittelbar vom vorderen Augwinkel her, ein weiterer Gang ab, der in den aus dem Strange entstandenen ausmündet. Letzterer hat kurz nach dieser Vereinigung in seinem Verlaufe gegen die Riechkapselwand hin für eine Strecke von 0,2156 mm eine Stärkezunahme auf 0,1121 erfahren (an der Stelle seiner Verbindung mit dem *Rete Malpighii* ist er 0,0665 mm dick). Es erfolgt alsdann die öfters beschriebene Umbiegung unter rechten Winkel und dadurch ermöglichte Einschlagung der caudalwärts verlaufenden, etwas ventralwärts geneigten Bahn nach der Mundhöhle hin. An der Stelle jener Umbiegung ist der Gang wieder auf eine Stärke von 0,064 mm zurückgegangen, die er im Weiteren beibehält. Die Wandung des Ganges ist mehrschichtig; sein *Lumen* verläuft keineswegs glatt, sondern wird noch da und dort durch stehengebliebene Zellen unterbrochen.

Die Mündung des aus dem Lidwinkel des unteren Auglides gegen die Mundhöhle hinziehenden Ganges ist hier in die orale Lidhälfte, in der Nähe des vorderen Augwinkels, gerückt. Nach hinten lässt sich der Schlauch bis nahe an die Wandung der Mundhöhle verfolgen, den Eintritt in dieselbe habe ich aber auch hier nicht nachweisen können. Der Gang ist in der Nähe seiner Mündung in den Conjunctivalsack 0,0039 mm stark, in der Nähe des muthmasslichen anderen Endes seines Verlaufes, also nahe der Mundhöhle, hatte er eine Dicke von 0,0045 mm.

Stadium IX (22,3 mm).

Die Drüsenanlage der vorderen Augenpartie zeigt hier wieder die Gestalt eines einfachen Schlauches, der, in einer Anfangsdicke von 0,042 mm, sehr nahe dem Augwinkel aus der oralen Hälfte des oberen Lides, und zwar neben dem Lidwinkel, abgeht. Er zieht sich gegen den hinteren Augpol hin, von dem er sich 0,1557 mm entfernt hält, und hat in dieser Gegend seine grösste Stärke mit 0,815 mm. Dann setzt er, allmählich wieder etwas dünner werdend, seinen Weg caudalwärts, zugleich in der Richtung auf den Lidwinkel des unteren Auglides hin fort und endet blind in einer Entfernung von 0,1947 mm vom Auge.

Die Aussackung des Lidwinkels im caudalen, oberen Auglid ist eine doppelte. Sie präsentirt sich in der Form zweier nur 0,0413 mm langer Schläuche, die etwa in der Mitte der caudalen Lidhälfte nach dem Conjunctivalsacke ausmünden.

Die solide Wucherung vom *Rete Malpighii* des oberen Auglides aus, lässt sich in dieser Form nur auf eine kurze Strecke weit verfolgen. Sie hängt mit der Schicht, aus der sie stammt, in der oralen Lidhälfte, ziemlich weit vom Augwinkel entfernt, zusammen. Bald gewinnt sie aber ein *Lumen*, das zunächst sehr schmal ist, in den vom Auge entfernteren Partien aber erheblich stärker auftritt. Es ist auf

diese Weise ein Gang mit mehrschichtiger Wandung zu Stande gekommen, der vom Auglide aus zunächst horizontal gegen die Wandung der Riechkapsel hin zieht. In der Nähe derselben schwillt er zur Stärke von 0,1085 mm (incl. der Wandungen) an. Es geht von ihm aldann unter rechtem Winkel ein Schlauch ab, der 0,0672 mm breit, längs der Wandung der Riechkapsel oralwärts hinläuft und sehr weit vorn, unterhalb der *Concha inferior* in das Riechorgan ausmündet. Dass das *Lumen* in dem anfangs durchweg soliden Strange von hier aus sich gebildet hat und ziemlich rasch gegen das Auge vorgerückt ist, lässt sich auch bei diesem Stadium noch deutlich erkennen.

Nahe dem hinteren Augwinkel geht vom unteren Auglied (und zwar dem Lidwinkel) ein Schlauch ab, zunächst ventralwärts und etwas proximalwärts gerichtet, dann eine grosse Strecke weit nur ventralwärts. Derselbe teilt sich 0,4744 mm von seiner Ursprungsstelle entfernt in zwei 0,0566 mm starke Äste, die sich aber sehr bald wieder vereinigen. Der nunmehr, wie anfangs, einfache Schlauch ist 0,0513 mm stark (dieselbe Dicke hatte er vor der Teilung), und zieht ventralwärts und zugleich caudalwärts weiter nach der Mundhöhle hin, gegen welche er in der Nähe der Zungenwurzel sich öffnet. Seine Wandung bildet ein einfaches Cylinderepithel, dessen Zellen sehr schmal und hoch sind; die Kerne verhalten sich entsprechend. Das *Lumen* des Ganges ist sehr fein, aber immer deutlich nachweisbar.

Stadium X (27,5 mm).

Der aus der oralen Hälfte des oberen Auglides abgesandte Schlauch, welcher mit weiter Öffnung neben dem Lidwinkel entspringt, wendet sich zunächst gegen den hinteren Augenpol, an dem er in einer Entfernung von 0,0779 mm vorüberzieht. Er setzt dann seinen Weg caudalwärts und zugleich etwas ventralwärts fort und endet blind in ziemlich grossem Abstand vom *Bulbus*. Nicht weit von seiner Ursprungsstelle entfernt, hinter der er 0,039 mm dick ist, mit einem *Lumen* von 0,0195 mm Durchmesser, wird seine dem *Rete Malpighii* entstammende, zunächst einschichtige Wandung zweischichtig. Er hat dann eine Stärke von 0,459 mm; sein *Lumen* ist 0,0123 mm breit. Bald baut sich aber dann die Wand aus mehr Lagen auf; das *Lumen* wird infolgedessen sehr enge, bleibt aber immer nachweisbar, bis kurz vor dem blinden Ende des Schlauches, wo dieser selbst auf 0,0527 mm Dicke angewachsen ist.

Das obere, hintere Auglid zeigt in seinem oralsten Teile eine Aussackung zu einem einfachen Schlauche, der hier aber nicht von dem Lidwinkel selbst ausgeht, sondern von demselben 0,091 mm entfernt mit dem Conjunctivalsacke kommuniziert. Er ist aus durchweg einschichtig angeordneten Zellen des *Rete Malpighii* gebildet und hat eine Anfangsdicke von 0,0325, bei nur 0,052 mm Länge.

Der im oberen Lid, nahe dem vorderen Augwinkel vom inneren Lidrande ausgehende, (wie oben gezeigt zunächst solid angelegte) Gang ist durch das *Rete Malpighii* noch nicht durchgebrochen: sein *Lumen* beginnt aber in dessen unmittelbarer Nachbarschaft und ist hier 0,0177 mm breit, während die Anfangsdicke des ganzen Ganges 0,07 mm beträgt. Dieser zieht sich zunächst eine kleine Strecke weit distalwärts und zugleich proximalwärts und nimmt dann einen zweiten Gang in sich auf, der vom vorderen Augwinkel auf der Grenze zwischen den beiden, hier ganz ungetrennten Auglidern, vielleicht eher etwas mehr im Gebiete des unteren, mit einer Anfangsstärke von 0,0597 mm seinen Ursprung genommen hat. Der letztgenannte Gang hat ein schmales *Lumen*, welches in offener Verbindung mit dem Conjunctivalsacke steht. Nach der Vereinigung bilden die beiden Schläuche einen 0,0354 mm dicken Gang, der sich 0,105 mm lang, horizontal gegen die Riechkapsel hinzieht. In der Nähe der letzteren geht, wie des öfteren beschrieben, unter rechtem Winkel ein Gang oralwärts ab, der sich ein wenig ventralwärts neigt und weiter vorn

in das Riechorgan ausmündet. Er hat an seinem Anfange eine Stärke von 0,0325 mm; sein *Lumen* ist 0,0039 mm breit. Er nimmt von hier an allmählich etwas in der Dicke zu, sodass er kurz vor der Endigung im Geruchsorgan 0,0585 mm stark geworden ist, während sein *Lumen* einen Durchmesser von 0,0156 mm gewonnen hat.

Der vom unteren Auglid in der Nähe des hinteren Augwinkels ventralwärts und zugleich caudalwärts ausgesandte Gang zeigt in Bau und Verlauf nichts Neues. Er hat eine durchschnittliche Dicke von 0,0455, sein *Lumen* einen Durchmesser von 0,0065 mm.

Eine weitere Drüsenanlage tritt beim vorliegenden Stadium zum ersten Male auf. Sie besteht in einer wulstförmigen Verdickung des *Rete Malpighii* im unteren Auglid und zwar in der Nähe des inneren Lidrandes, noch im Bereiche des die Lidspalte ausfüllenden Epithelpropfen. Der Wulst hat eine Dicke von 0,0527 mm; mit seiner Basis liegt er der Stelle des *Rete Malpighii*, auf deren Wucherung er zurückzuführen ist, in einer Ausdehnung von 0,0877 mm dicht an.

Stadium XI (32 mm).

Die Drüsenanlage, welche vom oralen, oberen Auglid ihren Ausgang nimmt, stellt auch hier zunächst einen einfachen Schlauch dar, der etwa in der Mitte der oralen Lidhälfte, jedoch dem Augenwinkel etwas genähert, direkt neben dem Lidwinkel in den Conjunctivalsack mündet. An dieser Stelle ist er 0,023 mm dick, mit einem *Lumen* von 0,0053 mm Durchmesser. Er zieht sich parallel der Fläche des Bulbus 0,141 mm weit proximalwärts und ventralwärts hin und lässt dann einen zweiten, 0,0248 mm weiter, einen dritten Schlauch von sich abgehen. Er selbst setzt seinen Weg noch 0,0527 mm weit in der alten Richtung fort, um dann blind zu enden. Die beiden sekundären Schläuche sind zunächst proximalwärts gerichtet, biegen aber sehr bald unter rechtem Winkel um und ziehen sich, parallel zu einander, rein caudalwärts hin. Der zuletzt vom Hauptschlauch abgezweigte hält sich dabei dem Auge stets etwas näher, als der andere. Ich habe beide in einem Falle ca. 1,12 mm weit caudalwärts verfolgen können, ohne an ihnen eine Veränderung zu bemerken. An dieser Stelle hört meine Schnittserie auf, so dass ich also über das weitere Verhalten nichts Bestimmtes sagen kann, doch scheint es mir kaum zweifelhaft, dass sie in nicht allzugrosser Entfernung von dem angegebenen Punkte blind endigen dürften, wie dies bei allen vorhergehenden Stadien zu constatieren war. Der zuerst aus dem Hauptschlauche abgezweigte hat eine 0,0169, der andere eine 0,0141 mm weite Mündung. Eine kurze Strecke hinter dieser besitzen beide eine Dicke von 0,0286 mit einem *Lumen* von 0,0065 mm. Ihre Wandung, ebenso wie die des ursprünglichen Hauptschlaches, besteht aus den Elementen, welche die Lidconjunctiva zusammensetzen, also den Zellen des *Rete Malpighii* als äusserster und Zellen des *Stratum corneum*, in mehreren Lagen, als innerer Partie. Das Ganze wird von einer etwa ebenso starken Lage von im Allgemeinen um den ectodermalen Theil des Schlauches concentrisch angeordneten dichtgedrängten Bindegewebsfasern umhüllt, die nur sehr wenige und ganz kleine und schmale Kerne führen.

Die Drüsenanlage des caudalen oberen Auglides hat, wenigstens was die Zahl ihrer Schläuche betrifft, einen ziemlich bedeutenden Fortschritt zu verzeichnen. Es sind jetzt deren drei, mit gesonderten Mündungen vorhanden.

Der erste davon hat sich gleich neben der oralen Grenze der caudalen Lidhälfte von einer 0,105 mm vom Lidwinkel entfernten Stelle aus eingestülpt. Er besitzt eine sehr weite (0,0527 mm messende) Mündung. Unmittelbar hinter dieser hat er eine Dicke von 0,0459, mit einem *Lumen* von 0,0123 mm

Durchmesser. Er ist dorsal- und zugleich caudalwärts gerichtet, erreicht indessen nur eine geringe Tiefe, nicht über 0,0841 mm.

Gleich daneben, etwas mehr caudalwärts, liegt die 0,07 mm weite Mündung der zweiten Aussackung, die caudalwärts und dabei etwas proximalwärts verläuft. Auch ihre Tiefe geht niemals über 0,0877 mm hinaus.

Ebenfalls wieder dicht daneben, dem hinteren Augwinkel abermals etwas genähert, und in Folge dessen etwa in der Mitte der caudalen Lidhälfte, liegt in einer Entfernung von 0,07 mm vom Lidwinkel die Mündung des dritten Schlauches mit einer Weite von 0,0177 mm. In kurzer Entfernung von dieser Stelle hat er eine Dicke von 0,0336 mm, mit einem *Lumen*, dessen Durchmesser 0,0105 mm beträgt. Er ist dorsal- und proximalwärts, zugleich auch ein wenig caudalwärts gerichtet. Seine Tiefe ist etwas bedeutender, als die der beiden andern Drüsenanlagen, geht aber auch nie über 0,09 mm hinaus.

Alle Drüsenanlagen werden durch Einstülpung des *Rete Malpighii* und *Stratum corneum*, also der ganzen ectodermalen Lidconjunctiva gebildet, um welche sich feine Bindegewebsfasern zu einer Art äusseren Ueberzuges angeordnet haben.

Nahe dem vorderen Augwinkel scheint nunmehr aus dem oberen Auglide ein Schlauch mit sehr enger, nur 0,0052 mm weiter Mündung abzugehen, der gleich neben letzterer eine Stärke von 0,065 mit einem *Lumen* von 0,026 mm Durchmesser aufweist. Es ist dies dieselbe Anlage, die bei niederen Stadien sich als eine solide, strangförmige Wucherung des *Rete Malpighii* dargestellt und dann später, zunächst in den vom Lid entfernten Partien, ein *Lumen* gewonnen hat. Dieses ist jetzt gegen den Conjunctivalsack durchgebrochen, der Strang also nunmehr in seiner ganzen Ausdehnung zum Schlauche geworden. Von seiner Mündungsstelle aus, die unmittelbar neben dem inneren Lidrande gelegen ist, verläuft er proximalwärts und zugleich ein klein wenig dorsalwärts. Er ist, wie bemerkt, durch strangartige Wucherung des *Rete Malpighii* entstanden. Nach Ausbildung des *Lumen* bestand also die Wandung des Schlauches, abgesehen von den umhüllenden Bindegewebsfasern, zunächst ausschliesslich aus Zellen dieser Schicht. Nach der Oeffnung des Schlauches in den Conjunctivalsack scheinen indessen die Zellen des *Stratum corneum* von der *Conjunctiva* des Lides her in den Gang eingewandert zu sein und kleiden nunmehr, mehrschichtig angeordnet, dessen Inneres aus.

Noch etwas näher dem vorderen Augwinkel geht vom inneren Rande des unteren Auglides ein zweiter Gang ab, der aufzufassen ist als eine Aussackung des *Rete Malpighii*, in welche später Zellen der äusseren Epidermislagen sich hineingezogen haben. Er hat eine 0,0212 mm weite Mündung; seine Anfangsbreite beträgt 0,0527, der Durchmesser seines *Lumen* hinter der Mündung 0,0177 mm. Er ist zunächst eine kleine Strecke weit ventralwärts, bald aber proximalwärts und zugleich oralwärts gerichtet. Er mündet in den soeben beschriebenen Gang, der an der Vereinigungsstelle sehr weit geworden ist und die Form etwa einer rundlichen Blase angenommen hat. Letztere schickt von ihrem proximalen Ende unter rechtem Winkel einen Gang, der sich längs der Gehirnkapsel ventralwärts und oralwärts hinzieht, um schliesslich in das Riechorgan auszumünden, wie dies für die früheren Stadien beschrieben wurde. Die Anfangsdicke dieses Ganges beträgt 0,0389, der Durchmesser seines *Lumen* an derselben Stelle 0,0141 mm. Auch seine Wandung besteht aus Zellen des *Rete Malpighii* und des *Stratum corneum*, und auch bei ihm kommt dazu noch ein äusserer Ueberzug von Bindegewebsfasern.

Vom hinteren Augwinkel selbst, und zwar lässt sich hier nicht mehr constatiren, ob vom oberen, oder vom unteren Lide aus, geht ein Schlauch caudalwärts ab, der eine Anfangsdicke von 0,0354, mit einem

Lumen von 0,0105 mm besitzt. Etwa 0,03 mm von seiner Mündung entfernt ist er auf die Stärke von 0,0459 mm (bei gleichbleibendem *Lumen*) angewachsen und behält diese bei, wenigstens soweit ich ihn habe verfolgen können, d. h. bis auf eine Entfernung von 0,33 mm von seiner Mündung. Das Aufhören meiner Schnittpräparate verhinderte mich, über sein weiteres Verhalten etwas Sicheres festzustellen.

Im Gebiete des unteren Auglides findet sich auch hier wieder die schon für das vorige Stadium geschilderte solide Wucherung, welche vom *Rete Malpighii* des unteren Lidrandes ausgeht. Im vorliegenden Falle ist aber die fragliche Stelle dem vorderen Augwinkel sehr genähert. Die Wucherung hat die Form eines Ellipsoides, dessen grosse 0,026 mm messende Achse parallel zur Fläche des Lidrandes verläuft. Die kurzen Achsen haben 0,0169 mm Länge. Die Anlage hängt mit dem *Rete Malpighii* der Lidconjunctiva innig zusammen; von einem *Lumen* findet sich keine Spur.

Das erwachsene Thier.

Im oberen Auglide geht, gleich neben dem Lidwinkel, etwa aus der Mitte der oralen Lidhälfte, doch sehr häufig auch dem vorderen Augwinkel mehr genähert, ein einfacher Gang ab. Die Stärke desselben ist sehr verschieden; die nachstehenden Masse ergaben sich in einer Anzahl der untersuchten Fälle gleichmässig, doch kommen, wie gesagt, sehr zahlreiche Abweichungen vor.

Der Gang hat eine Anfangsstärke von 0,0338 mm, wovon 0,013 mm auf das *Lumen*, 0,0104 auf die Wandung kommen. Im weiteren Verlaufe geht der Durchmesser des ersteren dann vorübergehend auf 0,01 mm zurück, wächst aber später wieder bis auf 0,039 an, während dann die Wandung nur noch 0,0091 mm dick ist. Der Gang ist vom Lidwinkel aus zunächst proximalwärts gerichtet, zieht sich dann eine kurze Strecke weit ventralwärts bis ins Niveau des proximalen Augenpoles und verläuft von hier aus genau caudalwärts, dabei ein klein wenig dorsalwärts gerichtet. Er endigt blind in ziemlich weiter Entfernung vom Bulbus. In einzelnen Fällen schien es mir, als ob er in der Nähe des hinteren Augpoles, kurz nach Einschlagung seiner caudalwärts gerichteten Bahn, einen, oder auch zwei Seitengänge abgehen liesse, die dann ungefähr parallel zu ihm hinziehen. Diese Erscheinung war aber niemals mit Sicherheit zu constatiren.

Ebenfalls im Gebiete des oberen Auglides, und zwar in der ganzen caudalen Hälfte desselben, gehen kleine wenig tiefe Schläuche, oder besser gesagt: Aussackungen, mit weiten Oeffnungen vom Lidwinkel, oder wenigstens aus dessen nächster Nachbarschaft, ab. Soweit sich an ihnen überhaupt eine Richtung erkennen lässt, verlaufen sie dorsalwärts und proximalwärts. Beim einen Individuum sind sie zahlreicher, beim andern spärlicher, und auch ihre Masse sind so verschieden, dass es zwecklos wäre, einzelne anzugeben.

Nahe dem vorderen Augwinkel gehen aus beiden Lidern zwei Gänge dorsalwärts und zugleich oralwärts. Dieselben lassen sich stets nur eine ganz kurze Strecke weit verfolgen und hören dann auf. In einzelnen Fällen kommen sie zur Vereinigung, sie bilden zusammen dann einen kurzen und ziemlich breiten Sack, von dem aus aber niemals weitere Schläuche nach irgend welcher Richtung abgehen.

Auch von dem aus dem hinteren Augwinkel caudalwärts abgesandten Gange, der sich bei den Embryonalstadien constatiren liess, fehlt jetzt in der Nähe des Bulbus jede Spur. Ziemlich weit caudalwärts vom Auge zeigt sich in Nähe der Mundhöhlenwand ein Gang, welcher mit dem bei den Embryonen eine Verbindung zwischen hinterem Augwinkel und Mundhöhle herstellenden Gebilde im Bau grosse Aehnlichkeit hat, doch lässt sich, mangels nachweisbarer Beziehungen zu dem Auge, nicht feststellen, ob es sich dabei um Ueberreste jener Communication, oder um irgend einen anderen Apparat handelt.

Die obenbeschriebenen mit dem Conjunctivalsack in zweifellosem Zusammenhange stehenden Aussackungen und Schläuche bilden ihre Wandung stets aus Elementen der *Conjunctiva*, und zwar jetzt aus Zellen des *Rete Malpighii* als äusserster, und Elementen des *Stratum corneum* als innerster Lage. Letztere können gelegentlich sogar mehrschichtig angeordnet sein. Zuweilen lässt sich der Unterschied zwischen den Elementen der beiden genannten Epidermisstrata nicht mehr erkennen. Die Säcke, Gänge etc. sind äusserlich stets von feinen Bindegewebslagen umhüllt, deren Faserzüge sehr enge gedrängt liegen, fast kernlos sind und sich um die Gebilde meist in sehr regelmässigen, concentrischen Lagen anordnen.

An Stelle der soliden Wucherung des *Rete Malpighii*, die sich beim letzten Embryonalstadium in der oralen Lidhälfte am inneren Lidrande fand, ist nunmehr ein sehr ausgedehntes Drüsenorgan getreten, dessen Mündung oft nahe dem vorderen Augwinkel, häufiger aber mehr der caudalen Grenze der oralen Lidhälfte genähert liegt. Auch das obere Auglid zeigt jetzt ein gleiches Organ, doch liegt der Ausführungsgang des letzteren in den einzelnen Fällen immer näher dem vorderen Augwinkel, als die Mündung des unteren. Es handelt sich dabei um die Meibohm'schen Drüsen. Dieselben stellen ein ausgedehntes Convolut von untereinander communicirenden Drüsenschläuchen und drüsigen Hohlräumen dar. Ihre Wandungen sind in Nähe des Ausführungsganges stets mehrschichtig, und bestehen dann aus Zellen aller Epidermislagen, einschliesslich der verhornten Schuppenzellen. In den von der Mündung entfernteren Partien kommen zunächst diese letzteren in Fortfall, und noch weiter in der Tiefe bestehen die Wände des Organs aus einer einzigen Lage grosser, hoher Cylinderzellen mit verhältnissmässig kleinen, kugeligen Kernen, die immer im äusseren Drittel der Zelle liegen.

Zusammenfassung.

Harder'sche Drüse und Thränendrüse legen sich zunächst als einfache Aussackungen des conjunctivalen *Rete Malpighii* im Gebiete des unteren Auglides an, und zwar die Harder'sche Drüse in der oralen, die Thränendrüse in der caudalen Hälfte desselben. Bald jedoch wandern beide, zuerst die Thränen-, dann die Harder'sche Drüse ins Gebiet des oberen Lides und entwickeln sich hier weiter. Sie erreichen jedoch beide keine hohe Ausbildung.

Die Harderiana bildet zunächst einen langen Schlauch von wechselnder Stärke und schwankendem Lumen, der zunächst nach dem proximalen Augenpole hin und dann caudalwärts weiterzieht, um in grösserer oder geringerer Entfernung vom Bulbus blind zu endigen. Bei den höher entwickelten Embryonen theilt er sich zuweilen in der Nähe des hinteren Augenpoles in zwei, höchstens drei Aeste, die parallel zu einander in der angegebenen Richtung verlaufen und alle ungefähr in derselben Entfernung aufhören.

Die Thränendrüse kommt nicht über die Form ganz kurzer Schläuche hinaus, die in grösserer oder geringerer Anzahl als Ausstülpungen des *Rete Malpighii* dorsal- und proximalwärts gerichtet sind. Anfangs sind ihrer nur zwei, bald werden es aber mehr, und man kann im Auge des erwachsenen Thieres bis zu acht zählen. Ihre grösste Tiefe haben sie aber schon vorher erreicht und sind beim ausgebildeten Thiere wieder entschieden kürzer geworden; sie stellen meist keine Schläuche, sondern nur mehr oder weniger tiefe Gruben dar. Es wäre also hier ein Fall von direkter Rückbildung zu constatiren.

Beide Drüsenanlagen bestehen zunächst ausschliesslich, wie gesagt, aus Zellen des *Rete Malpighii*, die einschichtig angeordnet sind. Später kommt es jedoch gelegentlich vor, dass auch Zellen des *Stratum*

corneum etc. in die Schläuche hineinwandern und so ihren Wandungen einen mehrschichtigen Aufbau verschaffen.

Stets legen sich Bindegewebsmassen um die ectodermalen Drüsenanlagen und differenciren sich allmählich zu mehr oder weniger regelmässig gebauten Kapseln oder Scheiden für dieselben.

Nicht weit von dem vorderen Augpole geht vom oberen Auglide, und zwar von dessen innerer Fläche, nahe dem inneren Lidrande, eine solide Wucherung des *Rete Malpighii* aus, die strangartig das Auglid durchsetzt, und Anfangs dorsalwärts, nachher proximalwärts gerichtet gegen die Gehirnkapsel hinzieht. An dieser angekommen biegt der Strang ventralwärts um und zieht sich, zugleich stark oralwärts gerichtet, nach dem Riechorgan hin. Von dessen Schleimhaut kommt ihm ein ebenfalls solider, kegel- oder zapfenförmiger Zellhaufen eine Strecke weit entgegen, und schliesslich vereinigen sich beide Gewebstheile. Von der Nasenhöhle aus gewinnt dann der Strang ein *Lumen*, das schnell bis ans Auglid vorschreitet, ohne indessen vorläufig in den Conjunctivalsack durchzubrechen. Der Strang ist so zum Gange geworden, dessen Wandung bald einschichtige Anordnung gewinnt, und der schliesslich in den Conjunctivalsack sich öffnet.

Während dieser Vorgänge hat sich vom unteren Auglide und zwar von einer Stelle nahe dem inneren Lidrande, die dem vorderen Augwinkel noch mehr genähert ist, ein Schlauch gebildet, der dorsalwärts zieht. Ob derselbe zunächst ebenfalls eine solide Wucherung des *Rete Malpighii* war, die bald, und zwar dann vom Auglide aus, ein *Lumen* gewonnen, oder ob es sich um eine Einstülpung der *Malpighi'schen* Schicht handelt, vermag ich nicht zu entscheiden, da in meinen Präparaten der fragliche Gang beim ersten Auftreten bereits fertig und mit *Lumen* versehen war. Ich neige jedoch zur ersteren Annahme, da der Schlauch sich mit dem oben beschriebenen Gange vereinigt und die Annahme, dass zwei gleichfunctionirende Theile desselben Organes auch gleiche Entstehung haben dürften, doch wohl ziemliche Berechtigung hat. Nach dem Zusammentreten der beiden Gänge wird derjenige Abschnitt des ersteren, der zwischen der Vereinigungsstelle und der Gehirnkapsel liegt, sehr weit, sackartig, mit anderen Worten er wird zum Thränensack, während die beiden noch getrennten Gänge die Thränenröhrchen, und der vom Sack nach dem Geruchsorgan hinziehende den Thränennasengang darstellen.

Vom hinteren Augwinkel hat sich inzwischen durch Ausstülpung des *Rete Malpighii* ebenfalls ein Gang gebildet, der ventralwärts und dann sehr weit caudalwärts zieht, bis er in die Mundhöhle sich öffnet.

Sowohl letzterer Gang, als die Thränenleitungswege sind im Auge des erwachsenen Thieres nurmehr als Ueberreste vorhanden, die im ersteren Falle den Zusammenhang mit dem Auge, im letzteren den mit dem Riechorgan vollständig verloren haben. Auch der Thränensack ist beim erwachsenen Thiere in den meisten Fällen verschwunden, und die Thränenröhrchen sind oft nur als ganz kurze, blind endigende Schläuche, die vom Conjunctivalsack in die Auglider hineinragen, zu constatiren. Es hat also auch in Betreff dieser Organe eine entschiedene Rückbildung stattgefunden, augenscheinlich eine Folge der unterbliebenen, resp. ebenfalls wieder in Wegfall gekommenen höheren Ausbildung einer Thränendrüse.

Die Meibohm'schen Drüsen treten, sehr spät im embryonalen Leben, als solide Wucherungen des *Rete Malpighii* auf. Dieselben sind erst einfach strangförmig, erfahren aber dann eine bedeutende Verästelung im Gebiete der Auglider. Sie gewinnen endlich ein *Lumen* und entwickeln sich, wahrscheinlich gleich nach der Geburt, zu den umfangreichen Organen, die das Auge des ausgebildeten Thieres zeigt.

Die Muskulatur des Auges.

Stadium III (8,5 mm).

Nur mit grosser Schwierigkeit lassen sich bei diesem Stadium die ersten Spuren einer Augenmuskulatur nachweisen. Sie stellen sich in der Hauptsache als, bald mehr, bald minder starke Bündel des mesodermalen Embryonalgewebes dar, die von der Gegend, wo Augblasenstiel und Gehirn zusammenhängen, ausgehen. Sie nehmen dort ihren Ursprung augenscheinlich in den Bindegewebsmassen, welche einerseits den proximalen Augblasenstiel, andererseits die Gehirnhöhle unmittelbar einschliessen und ziehen gegen den Bulbus hin, wo sie dann in den äussersten Lagen der Augenkapsel aufgehen.

In diesen Bündeln, die vorwiegend bindegewebigen Charakters sind, tritt indessen bereits eine Anzahl besonders differenzirter Zellen auf, die entschieden als Muskelzellen, freilich auf einer der tiefsten Stufen ihrer Ausbildung, zu deuten sind. Dieselben haben eine bedeutende Länge und stellen sich als flache Bänder mit einer oder mehreren Anschwellungen dar. In den letzteren finden sich längliche Kerne. Ich habe deren in einer Faser, entsprechend der Zahl jener Anschwellungen, bis zu 4 gezählt, doch ist es wohl möglich, dass gelegentlich auch noch mehr vorkommen. Am häufigsten sind jedoch entschieden die Muskelfasern mit nur einer einzigen Anschwellung und dementsprechend einem einzigen Kern. Die Auftreibung bildet hier die Mitte der Zelle; diese letztere ist nach beiden Polen faserartig stark in die Länge gezogen.

Die Breite einer solchen Faserzelle beträgt, abgesehen natürlich von den zugespitzten Enden 0,001 mm, die Anschwellung, welche den Kern birgt, geht bis auf 0,0023 mm. Zuweilen liegen auch 2 Kerne unmittelbar nebeneinander in derselben Anschwellung, als ob sie soeben erst sich von einander getrennt hätten. Eine besondere Differenzirung des Inhalts der Faserzelle lässt sich nicht nachweisen, höchstens erscheint in einzelnen Fällen das Protoplasma der Anschwellung etwas heller und feiner, als dasjenige der Faser selbst.

Die Stärke der einzelnen Muskelbündel, d. h. der ganzen Anlagen, seien es nun ausschliesslich Bindegewebszüge, oder erscheinen sie mehr oder weniger mit bereits deutlichen Muskelementen untermischt, ist, wie gesagt, sehr schwankend. Am ehesten lässt sie sich noch für die beiden recti der Horizontalebene, also den *Musculus rectus externus* resp. *internus*, die überhaupt am weitesten in der Entwicklung fortgeschritten zu sein scheinen, festsetzen. Sie beträgt da, etwa in der Mitte des Verlaufes, für beide circa 0,0425 mm.

Stadium IV (10 mm).

Die typischen 6 Augenmuskeln sind bei diesem Stadium zweifellos sämtlich vorhanden, in der Ausbildung jedoch gegenüber der soeben betrachteten Entwicklungsstufe erheblich zurückgeblieben. Sie bestehen aus Bindegewebszügen, welche sich von ihren Insertionspunkten an der Gehirnkapsel, resp. der bindegewebigen Umhüllung des Augblasenstieles, nach der Augenkapsel hinziehen, um sich mit den äusseren Partien derselben zu vereinigen. Die erste Bildung von Muskelementen lässt sich in ihnen zwar erkennen, jedoch in viel geringerem Umfange, als vorhin.

Stadium V (11 mm).

Es zeigt sich hier kaum eine Weiterentwicklung. Höchstens will es mir scheinen, dass die Gesamtstärke der Muskeln etwas zugenommen habe, doch lässt sich darüber, bei der Unmöglichkeit, die Züge der Muskelanlagen von dem umliegenden Bindegewebe scharf zu trennen, nichts Sicheres feststellen.

Die Ausbildung wirklicher Muskelzellen hat indessen, auch gegenüber dem Stadium III (8,5 mm) entschiedene Fortschritte gemacht: ihre Zahl hat sich bedeutend vermehrt, und sie sind auch viel deutlicher als solche zu erkennen. Von einer Querstreifung zeigt sich aber noch keine Spur.

Stadium VI (13 mm).

Die Gesamtstärke der Augmuskeln scheint, soweit dieselbe sich überhaupt feststellen lässt, etwa dieselbe geblieben zu sein. Im Inneren der Muskelzüge zeigen sich jedoch jetzt ziemliche Fortschritte. Neben den immer noch vorkommenden, weniger entwickelten Muskelzellen nämlich ist nun die Muskelfaser als solche deutlich ausgebildet. Sie ist bandförmig und besitzt eine grosse Länge. Sie führt einen einzigen Kern, der 0,0081 mm lang, 0,0022 mm dick ist. Der Theil der Faser, welcher den Kern birgt, hat eine Stärke von 0,0030 mm; sonst ist dieselbe 0,0022 mm breit.

Die Faser wird von einer zarten Membran umschlossen; ihren Hauptbestandteil bildet, neben dem Kern, ganz feinkörniges helles Protoplasma. Dasselbe ist an dem Rande (der Membran), an welchen es stets unmittelbar heranreicht, erheblich verdichtet. In grösseren, unregelmässigen Abständen gehen von dieser verdickten Randzone ziemlich starke Ausläufer ein Stück weit in die Tiefe der Faser, erreichen aber deren Mitte lange nicht. Diese Querleisten finden sich indessen nie im Gebiete der gesamten Faser, sondern sind auf einen mehr oder weniger grossen, aber immer nur einen einzigen Abschnitt beschränkt. In dem Teile, wo sich der Kern befindet, kommen sie niemals vor.

Sonst zeigt das Protoplasma der Augmuskelfaser absolut keine Differenzirung. Nur der Kern besitzt ebenfalls eine eigentümliche Anordnung seiner Chromatinsubstanz; dieselbe zieht sich nämlich zum grossen Theile in einer Art von Leisten quer durch den Kern hin, und es entsteht so das Bild einer Querstreifung des Kernes selbst.

Stadium VII (17 mm).

Die einzelne Muskelfaser zeigt in ihrem Bau keine Fortschritte; nur schien es mir in einzelnen Fällen, als ob die von der dichteren peripheren Randschicht in's Innere der Faser hineinragenden Querleisten zahlreicher geworden und infolgedessen etwas näher an einander gerückt wären. Sie kommen indessen immer noch nur in ganz unregelmässigen Abständen von einander vor und beschränken sich stets auf den einen Theil der Faser, während der andere ganz frei davon bleibt.

Die Fasern sind in den Bündeln auf Kosten der rein bindegewebigen Bestandtheile des Muskels viel häufiger, die Bündel infolgedessen erheblich stärker und fester geworden. So hat z. B. jetzt der *Musculus rectus externus*, eine Strecke vor seiner Insertion am Bulbus, eine Dicke von 0,0312 mm. Der *Musculus obliquus inferior* hat 0,0325 mm und der *Musculus obliquus superior*, unmittelbar vor seiner Insertion an der Sclera, 0,026 mm Stärke.

Stadium VIII (19,7 mm).

Die Muskelbündel sind durch Neubildung zahlreicher Fasern wieder etwas stärker geworden. Der *Musculus rectus superior* misst z. B. jetzt, eine kleine Strecke vor seiner Insertion am Bulbus 0,0425 mm in der Dicke.

Vor allem aber sind jetzt die Augmuskeln compacter, d. h. es legen sich häufig Muskelfasern an Muskelfasern, ohne durch die, allerdings noch immer zahlreichen lockeren Bindegewebszüge, mehr in dem

hohen Grade von einander getrennt zu sein, wie früher. Ein dünner Bindegewebsüberzug bleibt jeder Faser indessen unter allen Umständen.

Die einzelne Muskelfaser ist viel länger geworden; ihre Stärke ist jedoch die alte geblieben.

Die nach der Axe der Faser hin gerichteten ringförmigen Aufwulstungen des in dem peripherischen Partieen verdichteten Protoplasmas reichen tiefer ins Innere der Faser hinein. In einzelnen Fällen durchsetzen sie jetzt, in ihren inneren Theilen freilich nur ganz zart und dünn, die ganze Faser. Dies kommt jedoch stets nur in dem einen Abschnitt der Faser, auf der einen oder anderen Seite des Kerntheiles vor, niemals in beiden zugleich. Die auf die peripherischen Partieen beschränkten *Septa* finden sich indessen jetzt gelegentlich im Gebiete der ganzen Faser, mit einziger Ausnahme des Kerntheiles. Der Kern selbst liegt stets inmitten der Faser. Die scheinbare Querstreifung desselben, die für ein früheres Stadium zu konstatiren war, ist jetzt nicht mehr anzutreffen.

Stadium IX (22,3 mm).

Hier handelt es sich lediglich um eine abermalige Vermehrung der als solche deutlich erkennbaren Muskelfasern. Ein Fortschritt in der inneren Differenzirung derselben ist nicht nachweisbar. Ganz glatte Fasern sind eher häufiger geworden, als in der Anzahl zurückgegangen; diejenigen, welche eine mehr oder weniger weit fortgeschrittene Querstreifung erkennen lassen, haben sich hinsichtlich ihrer Menge etwa auf der Stufe des vorigen Stadiums erhalten.

Stadium X (27,5 mm).

Beim vorliegenden Stadium liessen sich zwar wieder die sechs typischen Augmuskeln sämmtlich constatiren, doch gestattete der Zustand meiner Praeparate nicht, sie alle einer genauen Untersuchung zu unterziehen.

Der *Musc. rect. extern.* hat eine Breite von 0,0325 mm. Seine Fasern sind bereits sehr lang und von den reichlich sich dazwischen findenden Bindegewebsfasern deutlich zu unterscheiden. Ihre Breite beträgt 0,0022 mm; in dem Abschnitt, welcher den Kern enthält, schwellen sie auf 0,0031 mm an. Der Kern selbst, der sich immer in der Achse der Faser findet, ist 0,0059 mm lang und 0,0025 mm dick. In der Hauptsache ist die Faser glatt. Nur selten finden sich die ringförmigen von dem verdickten Randprotoplasma ins Innere hineinragenden Vorsprünge, und noch seltener haben letztere die ganze Faser durchsetzt, also an der betreffenden Stelle eine eigentliche Querstreifung bewirkt.

Der *Musc. rect. infer.* ist 0,0286, der *Musc. obl. sup.*, nahe seiner Insertion am Bulbus 0,0186 mm breit. Hinsichtlich des Faserbaues gilt bei beiden Muskeln das für den *Musc. rect. extern.* Gesagte.

Der *Musc. obl. infer.* hat nahe der Sclera eine Breite von 0,0234 mm. Seine Faser misst nur etwa 0,0018 mm in der Dicke. Der 0,0074 mm lange Kern scheint fast ebenso stark zu sein, wie die Faser, wird also nur durch einen äusserst dünnen Ueberzug der letzteren umschlossen. In der weitaus grössten Mehrzahl sind die Fasern hier ganz glatt. Erste Anfänge einer Querstreifung finden sich nur ganz selten.

Stadium XI (32 mm).

Auch hier war mir eine genaue Beschreibung sämmtlicher sechs Augmuskeln nicht möglich.

Der *Musc. rect. sup.* ist 0,0234 mm stark. Seine Faser hat eine Breite von 0,0019 mm, und zwar durchweg, da kein durch besondere Dicke ausgezeichneter Kernabschnitt zu constatiren ist. Der

Kern, dessen lange Achse stets mit derjenigen der Faser selbst zusammenfällt, ist 0,0091 mm lang und 0,0013 mm dick. Die Stärke des *Musc. rect. inf.* beträgt 0,0195 mm. Der, niemals wandständige, Kern misst 0,0074: 0,0018 mm. Das Muskelbündel ist sehr reichlich mit Bindegewebe durchsetzt, das viele Kerne führt.

Der *Musc. rect. extern.* hat eine Breite von 0,026, seine Faser im Allgemeinen von 0,0018, im Kernabschnitt von 0,0030 mm. Der Kern ist 0,0052 mm lang und 0,0026 mm dick.

Der *Musc. obl. inferior* steht in der Hauptsache noch auf der Stufe eines ca. 0,022 mm dicken, sehr kernreichen, blutführenden Bindegewebsstranges. Muskelfasern, die als solche deutlich erkennbar wären, finden sich darin nur ganz selten. Sie sind dann 0,0015 mm, im Kerntheil 0,0026 mm breit. Der stets in der Achse liegende Kern zeigt die Masse 0,0066:0,0022 mm. Was die Frage nach der ev. Querstreifung der einzelnen Fasern betrifft, so scheint eine solche im *Musc. rect. extern.* am weitesten fortgeschritten zu sein. Wenn auch die ganz glatten Fasern der Zahl nach noch überwiegen mögen, so finden sich doch nunmehr viel häufiger solche, bei denen die ringförmige Leistenbildung im Gebiete der ganzen Faser in ziemlich engen Abständen auftritt, und auch die Fälle, wo die Leisten die Fasern vollständig durchwachsen haben, sind gar nicht mehr selten.

Etwas weiter in der Entwicklung zurück sind die Fasern des *Musc. rect. inferior*, in welchen die Ringleisten, soweit sie überhaupt vorkommen, gewöhnlich auf den einen Abschnitt (diesseits oder jenseits des stets glatten Kerntheiles) beschränkt und auch viel weiter auseinandergerückt sind. Die Fälle gelegentlicher vollständiger Durchquerung der Fasern durch die Leisten sind viel seltener.

Letztere Erscheinung fehlt sämtlichen Fasern des *Musc. rect. sup.* Die ganz glatten Fasern bilden die erdrückende Mehrzahl, neben der diejenigen, welche den Anfang jener Leistenbildung zeigen, fast verschwinden.

Beinahe ausschliesslich der glatten Art gehören endlich die wenigen als solche deutlich erkennbaren Muskelfasern des *Musc. obl. inferior* an.

Das erwachsene Thier.

Die typischen sechs Augmuskeln sind alle deutlich erkennbar, Stärkenmaße für sie anzugeben, scheint mir zwecklos, da sie bei den verschiedenen Individuen in so verschiedenen Contractionszuständen angetroffen werden, dass es geradezu unmöglich ist, festzustellen, welches ihre Dicke im Ruhezustande sein möchte. Soviel lässt sich indessen mit Bestimmtheit sagen, dass die vier *recti* stets stärker sind, als die beiden *obliqui*. Auch sonst sind die letzteren in der Entwicklung mehr zurück; sie sind immer von viel mehr Bindegewebe durchsetzt, das reichliche, kleine Gefässe führt, welche zwar bei den *recti* auch nicht fehlen, aber hier viel weniger häufig vorkommen. Auch die Bindegewebskerne sind in den *obliqui* viel zahlreicher.

Die Muskelfasern sind sehr langgestreckt und in allen Muskeln stets ganz bestimmt als solche zu erkennen. Ihre Breite beträgt im Durchschnitte etwa 0,0057 mm, doch gilt auch hinsichtlich ihrer daselbe, wie für den ganzen Muskel: es lässt sich nicht entscheiden, ob man es mit einer contrahirten Faser, die dann im Maximum 0,0059 mm breit wäre, zu thun hat, oder mit einer im Ruhezustande befindlichen, die im Minimum die Breite von 0,0054 mm aufweist.

Augenscheinlich aber sind jetzt die Fasern aller 6 Augmuskeln im Allgemeinen gleich stark geworden. Vergleicht man die Breite einer Faser, z. B. aus dem *Musc. rectus superior*, mit der Höhe des Bulbus, so ergibt sich in einem Falle das Verhältniss 1:182,7. Man darf dieser Zahl freilich keine allzu-

grosse Bedeutung beilegen, da ja einerseits die Breite der Faser, andererseits die Höhe des Augapfels bei den einzelnen Individuen bedeutenden Schwankungen unterworfen ist. Zieht man jedoch in Rücksicht, dass dasselbe Verhältniss bei grossen Embryonen z. B. bei Stad. XI (32 mm) 1:290,8, bei Stad. X (27,5 mm) 1:348 beträgt, so lässt sich auch auf Grund der obigen nur ganz annähernd zutreffenden Verhältnisszahl constatiren, dass die Breite der Faser mit fortschreitender Grössenzunahme des Bulbus ebenfalls zunimmt, und zwar in ganz unverhältnissmässig hohem Grade.

In jedem Muskel kommen quergestreifte Fasern vor, doch zeigen dieselben, was ihre Anzahl, sowie den Grad betrifft, den ihre Differenzirung in dieser Hinsicht erreicht hat, bei den einzelnen Muskeln ein verschiedenes Verhalten.

Am weitesten vorgeschritten scheinen immer der *Musc. rectus superior* und *inferior* zu sein, deren Fasern stets sämmtlich Querstreifung aufweisen. Dieselben besitzen ein klar ausgesprochenes Sarcolemm, das eine zarte doppelcontourirte, vom Körper der Faser selbst stets durch einen kleinen Spalt getrennte Membran darstellt. Die Querstreifung durchsetzt diesen Spalt. Der Körper der Faser zeigt eine sehr feine längsstreifige Anordnung. Der Kern, 0,0089 mm lang, 0,0033 mm dick, ist stets wandständig, d. h. er ist dem Sarcolemm so weit genähert, dass zwischen ihnen nur noch der erwähnte feine Spalt hinläuft. In seltenen Fällen zieht sich rings um den Kern eine schmale, helle Zone, ein Kernhof; es ist also das M. Schultze'sche Muskelkörperchen zu constatiren.

Meist ist in den Fasern dieser Muskeln die Querstreifung sehr enge, in einzelnen Augen kommen jedoch auch grössere Zwischenräume zwischen den Querstreifen vor. Diese Erscheinung, und ebenso die wechselnde Breite des Spaltraumes zwischen Sarcolemm und Muskelkörper, dürfte indessen, wenigstens zum grossen Theile, auf den verschiedenen Contractionsgrad der Faser zurückzuführen sein.

Im *Musculus rectus externus* und *internus* kommen neben den quergestreiften auch sogenannte glatte Fasern, d. h. solche vor, denen die Querstreifung vollständig fehlt; eine feine Längsstreifung ist aber auch an ihnen immer zu erkennen.

Von einem Spalte zwischen dem Inhalte der Muskelfaser und dem Sarcolemm ist dann keine Spur vorhanden; die quergestreiften Fasern zeigen gegenüber den oben beschriebenen keine Verschiedenheit.

Ausser den hier angeführten kommen hier aber auch Fasern vor, von denen nur ein Theil eine verschieden weit ausgebildete Querstreifung zeigt, während der Rest und darunter immer der Abschnitt, welcher den Kern birgt, glatt ist. Auch bei ihnen fehlt der Spaltraum zwischen Sarcolemm und Faserkörper häufig, jedoch nicht immer.

In den beiden *obliqui* finden sich die ganz glatten Fasern zuweilen noch etwas reichlicher, und es lässt sich erkennen, dass bei ihnen der Spalt zwischen dem Sarcolemm und der Faser selbst immer, die Andeutung einer Längsstreifung in vielen Fällen ganz fehlen. Das Sarcolemm ist dann sehr fein und kommt zuweilen nur als scharfe Grenzlinie zum Ausdruck. Die zum Theil quergestreiften, zum Theil glatten Fasern bilden die Mehrzahl. Bei ihnen, wie bei den vollkommen quergestreiften, stellt das Sarcolemm stets eine ganz deutlich doppelcontourirte Membran dar, und ist vom Inhalt der Faser durch einen mehr oder minder schmalen Zwischenraum getrennt. Der glatte Theil einer nur partiell quergestreiften Faser zeigt dann stets Längsstreifung. Die Querstreifung ist in allen Fällen sehr fein und zart, und lange nicht so scharf ausgesprochen, wie in den Fasern der *recti*.

Ueber die Lidmuskulatur wurde bereits bei Betrachtung der Augenlider gesprochen.

Zusammenfassung.

Die Augmuskeln entstehen also, wie gezeigt wurde, aus Bindegewebssträngen, die auf frühen Entwicklungsstufen ihre Stelle einnahmen. Es treten dabei zunächst die 4 *recti* auf, die sich zwischen der Gehirnkapsel, und zwar derjenigen Gegend derselben, wo sie vom Sehnerven durchbrochen wird, und der Augenkapsel ausspannen. Erst ziemlich spät treten auch die Anlagen der *Musculi obliqui* deutlicher hervor. Anfangs sind sämtliche Augmuskeln von dem Bindegewebe der weiteren Umgebung nur schwer zu unterscheiden, bald aber heben sie sich von diesem durch den streng parallelen Verlauf und die enge Schichtung ihrer Fasern, sowie durch die langgestreckte Form ihrer Kerne und die Anordnung derselben (die lange Achse stets den Faserzügen gleichlaufend) sehr deutlich ab. Es beginnen sich aus den Bindegewebszellen Muskelzellen und Muskelfasern zu entwickeln. Dies geschieht zunächst einfach durch bedeutendes Längenwachsthum jener Zellen, dem eine Verdichtung des Protoplasma in den peripherischen Partien entspricht. Von diesen Theilen gehen dann ringförmige Leisten aus, die in den helleren Innenraum der Faserzellen hineinragen. Zugleich gewinnt der übrige Inhalt derselben eine Anordnung in ganz feine Längsstreifen. Die äussere Begrenzung der Faser wird immer schärfer und hebt sich schliesslich als doppeltcontourirte Membran, als Sarcolemm, ab. Die Ringleisten werden, zunächst nur in einem Theile der Faser, dann aber bald in der gesammten Ausdehnung derselben, immer grösser und durchwachsen sie schliesslich vollständig. Sie werden also zu den „Krause'schen Membranen“, welche die Querstreifung der Faser darstellen. Schon vor ihrer Vollendung hat sich das Sarcolemm von dem Körper der Faser, nicht aber von den Ansatzflächen der Leisten, etwas zurückgezogen, und es entsteht so zwischen ihm und dem Körper der Faser ein Spalt, der von ungemein feinem Protoplasma, vielleicht auch von Zellwasser, erfüllt und von den Querstreifen durchzogen wird. Der anfangs in der Achse der Faser gelegene Kern wird allmählich wandständig, d. h. er nähert sich dem Sarcolemm immer mehr, ohne indessen in vollständige Berührung mit demselben zu kommen.

Der Rest des Bindegewebes, das ja ursprünglich die Muskelanlage allein darstellte, wird mit Ausbildung der Muskelfasern immer spärlicher, verschwindet aber niemals gänzlich, denn jede Muskelfaser ist immer von einer feinen Bindegewebslage umhüllt, in der sich, freilich schliesslich nur noch ganz selten, Kerne finden. Gefässe führt der Muskel auch in seiner ausgebildetsten Form noch immer in den ihn durchsetzenden Bindegewebszügen.

Durch ihre bindegewebig gebliebenen Sehnen stehen die Augmuskeln in direktem Zusammenhang, anfangs mit den äussersten Lagen der Augenkapsel und später der Sclera.

Die oben geschilderte Ausbildung erreichen aber die Muskelfasern nicht in allen Fällen. Besonders in den *Musculi obliqui*, in geringerem Umfange auch in den *recti*, bleiben sie auf einer niederen Stufe stehen, und man trifft in Folge dessen in allen Augmuskeln, mit Ausnahme des *musc. rect. superior* und *inferior*, Fasern, die entweder ganz oder theilweise ohne Querstreifung sind, in welchen die längsstreifige Anordnung des Protoplasma fehlt, in welchen das Sarcolemm nicht vollkommen entwickelt ist u. s. w., wie dies bei Beschreibung des erwachsenen Thieres gezeigt wurde.

Auf Grund meiner Befunde an den Augmuskeln des Maulwurfs vermag ich mich also Kölliker's ¹⁾ Ansicht nicht anzuschliessen, wenn derselbe behauptet, dass die Querstreifung von Muskelfasern lediglich der Ausdruck ihrer Contraction sei. Wäre dies der Fall, so müsste unbedingt angenommen werden, dass auch bei den Embryonen, wenigstens bei den höher entwickelten, die Augmuskeln in Thätigkeit ge-

¹⁾ Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. Bd. I. VI. Aufl. 1889. p. 360 ff.

wesen wären, da ja auch hier mehr oder weniger zahlreiche Spuren der Erscheinung zu Tage treten, die gewöhnlich als Querstreifung von Muskelfasern bezeichnet wird. Eine solche Contraction im embryonalen Auge ist aber doch wohl ausgeschlossen.

Man kann also auch an den Augenmuskeln erkennen, dass während, oder kurz nach der Geburt, eine Entwicklungshemmung eingetreten sein muss. Da die Augenmuskeln sich nicht zur selben Zeit anlegen, dagegen augenscheinlich in der allgemeinen Weiterentwicklung und inneren Differencirung das von jeder einmal angenommene Tempo auch beibehalten, so werden die später gebildeten (also die *obliqui*) vom Eintritt der Entwicklungshemmung auf einer Stufe überrascht worden sein, auf welcher noch weniger Fasern die vollkommene Ausbildung erreicht haben, als dies bei den älteren Muskeln, also vor Allem dem *Muscul. rect. superior* und *inferior*, der Fall ist.

Sclero-Chorioidea und Cornea.

Stadium I (4,5 mm).

Eine besondere *Sclera* und *Chorioidea* existiren nicht. Es besteht rings um den *Bulbus oculi* herum eine, bald schmälere, bald breitere Bindegewebshülle, welche sich gegen das lockere Bindegewebe der weiteren Umgebung des Auges indessen nur stellenweise, und auch dann nicht immer scharf, absetzt. Diese Bindegewebsmassen, die man auf dieser Stufe einfach als Augenkapsel zusammenfassen kann, zeichnen sich durch eine etwas straffere Anordnung aus. Ihre Faserzüge sind sehr stark gewellt, lassen aber doch eine zur Bulbus-Fläche im Grossen und Ganzen tangentiale Anordnung erkennen. Auch die Mehrzahl ihrer Kerne ist verhältnissmässig langgestreckt, (während die des übrigen Bindegewebes in der Augumgebung rundlich-ovale Gestalt haben), und ihre lange Achse hat meist eine zu der Bulbus-Oberfläche ebenfalls tangentiale Richtung. Freilich gehen, wie schon bemerkt, an vielen Stellen diese besonders differenzirten Gewebsschichten ganz allmählich, und ohne jede feststellbare Grenze in die gewöhnlichen Bindegewebsmassen über.

Zuweilen macht sich an der dem Pigmentepithel zugekehrten Fläche der Augenkapsel eine schmale Randzone durch noch etwas straffere Anordnung und gedrängtere Lage ihrer, auch etwas weniger gewellten Faserzüge bemerklich, die von der Hauptmasse der Schicht indessen keineswegs scharf abgegrenzt ist. Die Kerne dieser Partie sind dann noch erheblich gestreckter und immer tangential zur Bulbus-Oberfläche gelagert. Blut findet sich in dieser Randschicht keines, während sonst die nähere und entferntere Umgebung des Auges reich an kleineren und grösseren Gefässen ist.

Am vorderen Augenpol, etwa vom Niveau des Augbecherrandes an weiter distalwärts betrachtet, ist die Augkapsel stets deutlich ausgebildet, niemals findet sich jedoch hier an ihrer Innenfläche jene besonders differenzirte Schicht. Sie ist hier viel breiter geworden, als in ihren dem Pigmentepithel anliegenden Theilen und dabei oft auf das Doppelte ihrer dortigen Mächtigkeit angewachsen. Masse lassen sich freilich bei dem auch hier ungemein schwankenden Verhalten der Bindegewebsmassen nicht angeben. Vor Allem sind in diesem distalen Abschnitt die Kerne erheblich zahlreicher geworden und verlaufen jetzt durchweg mit ihrer langen Achse parallel zu der Richtung, welche die Faserzüge einschlagen. Diese streben unverkennbar sämmtlich gegen den Winkel hin, den die in Einsenkung begriffene Linsenblase mit der ectodermalen Körperbedeckung, von der sie ja einen Theil ausmacht, bildet. (Taf. II. Fig. 19.) Sie bohren

sich förmlich dort hinein, und man gewinnt die Ueberzeugung, dass dieses Bindegewebe einen bedeutenden activen Antheil an der späteren Abschnürung der Linsenblase nimmt.

Stadium II (6,7 mm).

Auch hier hat sich um den Bulbus eine Kapsel aus dem übrigen das Auge einbettenden Bindegewebe herausdifferenzirt. Dieselbe ist von sehr schwankender Dicke, aus leichtgewellten Zügen aufgebaut, die im Allgemeinen parallel zur Bulbusfläche verlaufen. Sie sind gegen das lockere Bindegewebe der weiteren Umgebung an vielen Stellen etwas schärfer abgesetzt; anderwärts gehen sie dann aber auch, freilich ganz ohne erkennbare Grenze, allmählich in dasselbe über. Die Kerne dieser besonders ausgebildeten Schichten sind langgestreckt-spindelförmig, häufig den Wellenzügen entsprechend etwas gekrümmt; ihre lange Achse verläuft jedoch meist annähernd tangential zur Aussenfläche des Auges.

Die inneren Lagen dieser Gewebstheile zeigen wieder einen besonders straffen Bau. Es sind hier die Faserzüge etwas gestreckter angeordnet, weniger wellig und enger aneinander gelagert, die Kerne etwas kürzer und viel schmaler, sowie fast gar nicht gekrümmt.

Von einem der Centralarterie parallel hinziehenden Gefässstamme haben sich zahlreiche Verzweigungen in Begleitung von reichlichem perivasculärem Bindegewebe zwischen die innerste Schicht der Augenkapsel und das Pigmentepithel eingeschoben. Sie haben sich schnell über den ganzen Bulbus hin ausgebreitet und so die erste Anlage einer *Chorioidea* geschaffen, die auf diesem Stadium gegen die schon vorher vorhandene Augenkapsel deutlich abgesetzt ist. Taf. II. Fig. 21. Taf. VI. Fig. 69.

Am distalen Augenpole haben sich die Gewebszüge der Augenkapsel, ohne Differenzirung in ihrem Innern, von allen Seiten über die abgeschnürte Linsenblase hergeschoben, ohne indess bis jetzt zu einer gegenseitigen Vereinigung gekommen zu sein. Es besteht vielmehr noch zwischen distaler Linsenfläche und Kopfintegument eine, etwa kreisförmige freie Stelle, die von dem vordringenden Bindegewebe noch nicht erreicht worden ist.

Ein Theil des Augenkapselgewebes steht, wie oben gezeigt (cfr. Glaskörper) in direktem Zusammenhange mit den durch die Augbecheröffnung eindringenden Bindegewebsmassen.

Blut findet sich in dieser Bindegewebshülle des Bulbus nur wenig vor. Eine Ausnahme macht davon nur die Gegend des proximalen Augpoles, doch liegen hier die kleinen Gefässchen, wie gezeigt, eigentlich nicht in, sondern nur an der Augenkapsel.

Zuweilen scheint auch ein Zusammenhang zwischen den vordersten Partien des bulbusumhüllenden Bindegewebes, also der Augenkapsel, mit der Linsenkapselanlage zu bestehen und zwar durch Vermittlung derjenigen Bindegewebstheile, welche, wie öfters hervorgehoben, zwischen Linse und Augbecherrand ihren Eintritt in den Glaskörperraum nehmen.

Stadium III (8,5 mm).

Die äussere Grenze der Augenkapsel ist ein wenig schärfer geworden, doch finden sich auch hier noch da und dort Uebergänge in das lockere Bindegewebe der weiteren Umgebung. Die Augenkapsel ist durch etwas straffere Schichtung, einen im grossen Ganzen zur Bulbusoberfläche tangentialen Verlauf ihrer Faserzüge und regelmässige Anordnung ihrer rundlich-ovalen Kerne gegenüber der äusseren Umgebung des Auges ausgezeichnet. Die Grenzschicht gegen die Anlage einer *Chorioidea*, die beim letzten Stadium

so deutlich war, zeigt von einem besonderen Bau hier keine Spur, und die Augenkapsel geht ohne jede Grenze in die *Chorioidea* über, die sich von ihr nur durch die Anwesenheit ihrer Gefässe unterscheidet. Man kann also jetzt die beiden vereinigten Schichten als *Sclero-Chorioidea* bezeichnen.

Zwischen den innersten Lagen dieser Sammelschicht und dem Pigmentepithel finden sich, allerdings nur stellenweise deutlich nachweisbar, nun wieder einzelne Bindegewebszüge, die durch gestreckter liegende Fasern und sehr dünne spindelförmige Kerne ausgezeichnet sind. Sie bilden eine sehr schmale Gewebslage, die stets vollkommen blutleer ist.

Die *Sclero-Chorioidea* ist von sehr wechselnder Mächtigkeit. Im Aughintergrund hat sie, nahe dem Opticusaustritt, eine Stärke von 0,0058 mm. Sie geht direkt in die Bindegewebschichten über, welche Sehnerv resp. Augblasenstiel unmittelbar umhüllen, und sich durch den Anfang einer besonderen Differenzierung, als erste Andeutung der späteren Scheiden documentieren.

Am distalen Augpole spalten sich aus der Masse der *Sclero-Chorioidea* verschiedene Blätter ab. Das eine, stärkste, hat sich vom Augbecherrande her vor die Linse geschoben und ist vor dem distalen Pole derselben nunmehr zu einer ununterbrochenen Gewebslage zusammengewachsen, die der ectodermalen Körperbedeckung unmittelbar anliegt. Die letztere besitzt hier eine Stärke von 0,0058 mm, die Bindegewebschicht ist 0,0052 mm dick. Doch ist nur ein Theil davon auf Rechnung jener Abspaltung aus der *Sclero-Chorioidea* zu setzen. Den Rest liefern Bindegewebszüge, welche, ausserhalb der *Sclero-Chorioidea* gelegen, das Auge rings umgeben und am proximalen Augpole in der geschilderten Weise sich anordnen.

Ausser der erwähnten hat sich am Augbecherrande eine zweite Bindegewebsmasse von der *Sclero-Chorioidea* abgespalten, die rings um die Linse her in den Raum zwischen dieser und dem ebenbeschriebenen Blatte hineinragt, jedoch noch nirgends bis zur Linse vorgedrungen ist. Diese Bindegewebsmasse besteht aus viel weniger zahlreichen und lockerer angeordneten Zügen. Taf. II. Fig. 22.

Eine dritte Abspaltung stellt eine Membran dar, welche sich vor der Linse ausspannt und ohne Zweifel als *Membrana pupillaris* aufzufassen ist.

Stadium IV (10 mm).

Es besteht immer noch keine Scheidung der Augenkapsel in *Sclera* und *Chorioidea*, man hat es lediglich mit einer im Aughintergrund circa 0,0058 mm starken Bindegewebsmasse zu thun, die sich von dem angrenzenden Bindegewebe durch etwas straffere Schichtung, sowie dichtere und engere Anordnung ihrer Faserzüge unterscheidet; auch verlaufen in ihr die langen Achsen der gestreckten Kerne, entsprechend den weniger gewellten Faserzügen, im Allgemeinen mehr parallel zur Augoberfläche, während sie im umhüllenden Bindegewebe in Bezug auf ihre Richtung gar keine bestimmte Regel erkennen lassen. Es existirt jedoch auch zwischen diesem Gewebe und der Augenkapsel fast nirgends eine scharfe Grenze —, und zwar noch weniger, als beim vorigen Stadium —, vielmehr geben die zum Bulbus tangential verlaufenden Faserzüge, je weiter nach Aussen, desto mehr diese Richtung auf, werden immer stärker gewellt und verlieren bald jede bestimmte Direktion.

Der innere Rand der Augenkapsel führt zahlreiche, kleine Blutgefässe und charakterisirt sich dadurch, aber bis jetzt nur dadurch, als Anlage der *Chorioidea*. Die innere Grenze derselben bildet die für das letzte Stadium bereits beschriebene blutfreie Gewebsschicht, die aus wenigen, sehr gestreckt verlaufenden Fibrillenzügen mit ganz spärlichen, sehr kleinen und schmalen Kernchen besteht. Zuweilen ist diese Schicht auf kurze Strecken leicht pigmentirt.

Die äusseren Partien der *Sclero-Chorioidea*, soweit sich solche überhaupt abtrennen lassen, sind stets ohne Gefässe. Sie zeigen einen deutlichen, ununterbrochenen Zusammenhang mit den Bindegewebszügen, welche den Sehnerven umhüllen und gegen das angrenzende Bindegewebe in derselben Weise differenziert sind, wie die Augenkapsel. Andererseits gehen die äusseren Schichten der letzteren in das Bindegewebe der in Anlage begriffenen Augmuskeln direkt über.

Die Anordnung der inneren Lagen des den Bulbus in weiterem Umkreise umhüllenden Bindegewebes am distalen Augpol, sowie die Abspaltung einzelner Blätter aus der *Sclero-Chorioidea* an dieser Stelle vollzieht sich in derselben Weise, wie für Stadium III (8,5 mm) geschildert.

Ein Fortschritt lässt sich dabei nicht erkennen, es will mir vielmehr scheinen, als ob beim vorliegenden Stadium die Annäherung der in der Bildung begriffenen *Membrana Descemetii* an den distalen Linsenpol meistens noch nicht so weit gediehen wäre, als bei jenem früheren Stadium.

Die *Membrana pupillaris* ist sehr deutlich.

Stadium V (11 mm).

Eine Scheidung zwischen *Sclera* und *Chorioidea* ist noch immer nicht zu Stande gekommen. Es gibt nur eine *Sclero-Chorioidea*, deren innere, blutführende Lagen als Anlage einer *Chorioidea* angenommen werden mögen, während die äusseren, mit dem Bindegewebe der Augmuskeln und der Scheidenanlage im Umkreis des Opticus im Zusammenhang stehenden, als *Sclera* aufzufassen sind. Es besteht zwar eine etwas straffer angeordnete sehr schmale Schicht zwischen beiden Häuten, doch lässt es sich nicht entscheiden, ob man es dabei wirklich mit einer Grenzschicht zu thun hat, oder, ob nicht etwa distal von ihr liegende Partien noch zur *Sclera*, oder, was freilich wegen des Blutmangels unwahrscheinlicher, proximal von ihr sich ausbreitende Gewebstheile zur *Chorioidea* rechnen sind. Die besonders straff angelegte blutleere Schicht, welche den innersten Rand der Augenkapsel bildet, hat sich noch weiter differenziert, besonders unterscheiden sich ihre sehr schmalen und gestreckten Kerne scharf von den mehr rundlich-spindelförmigen der übrigen *Sclero-Chorioidea*. Die Dicke der ganzen Anlage beträgt im Aughintergrunde etwa 0,0104 mm, doch ist es auch jetzt noch schwer, genaue Masse festzustellen, da eine Trennung von dem Bindegewebe der weiteren Augumgebung nur ganz selten mit Sicherheit sich durchführen lässt.

Am distalen Augpole spalten sich, wie beim vorigen Stadium, einzelne Blätter aus dem Bindegewebe der *Sclero-Chorioidea* ab. (Taf. II. Fig. 25. Taf. III. Fig. 36.)

Das am meisten distal gelegene derselben legt sich, verstärkt durch Theile des lockeren bulbusumhüllenden Bindegewebes, an das ectodermale Körperepithel an, welches das Auge überzieht und bildet dort die Züge der *Cornea propria*. Das Körperepithel hat seinen einschichtigen Bau verloren. Seine innersten Schichten haben sich zu einem *Rete Malpighii* ausgebildet, das freilich hier, vor der Linse, nicht aus den charakteristischen cylindrischen, sondern aus kubischen, ja oft nur aus dicken Plattenzellen besteht. Auf diese Schicht haben sich, vorläufig in einfacher Lage, schmale Plattenzellen gelegt, die, von den Zellen des *Rete Malpighii* abstammend, die erste Anlage der äusseren Epidermisstrata repräsentiren.

Die zweite Abspaltung, eine Anlage der *Membrana Descemetii*, hat sich dem distalen Linsenpol von allen Seiten mehr genähert, ohne jedoch zur Vereinigung gelangt zu sein. Neu ist, dass dieser Gewebstheil jetzt reichliche kleine Gefässe führt.

Die *Membrana pupillaris* ist häufig vollständig verschwunden.

Masse ergeben sich für das vorliegende Stadium die folgenden:

Der ectodermale Theil der *Cornea*, hat, in der verlängerten Augachse gemessen, eine Dicke von 0,0067 mm; das mesodermale Bindegewebe der *Cornea propria* ist 0,0052 mm stark.

Stadium VI (13 mm).

Im ganzen Umfange des Bulbus, mit Ausnahme der dem distalen Pole nahe gelegenen Theile, hat die *Sclero-Chorioidea* eine Gesamtstärke von 0,0133 mm erreicht. Sie ist von dem umgebenden Bindegewebe nunmehr allenthalben durch festeren Bau und gestreckteren, zur Bulbus-Fläche tangentialen Faserverlauf deutlich zu unterscheiden. Auch in ihrem Inneren kann man jetzt, freilich nur stellenweise, eine äussere, straffere, blutfreie Schicht von einer etwas lockerer, welliger angelegten, blutführenden, inneren, also eine *Sclera* von einer *Chorioidea* trennen. Der Unterschied kommt ganz besonders durch eine hervorragend enge Lagerung der Bestandtheile einer Schicht zur Erscheinung, die, zwischen beiden Häuten sich hinziehend, nicht erkennen lässt, zu welcher derselben man sie rechnen muss, da sie mit beiden fest verwachsen ist. Ihrer Structur nach ähnelt sie allerdings mehr der *Sclera*. Die Aderhaut hat eine Mächtigkeit von 0,0052 mm. Die Faserhaut ist 0,0081 mm dick.

Am inneren Rande der *Chorioidea* findet sich da und dort jene besonders differenzirte Faserschicht. Dieselbe ist indessen nur selten deutlich ausgesprochen. Sie setzt sich dann aus wenigen, sehr feinen und gestreckten, enge aneinandergelagerten Fasern zusammen, zwischen denen kleine, sehr dünne und gestreckte Kerne vorkommen. In einzelnen Fällen liess sich, dann aber ganz deutlich, erkennen, dass die retinalen Stützfasern zwischen den Zellen des Pigmentepithels hindurchtraten und sich in den Zügen der geschilderten Faserschicht verloren.

Der Uebergang der *Sclera* in die, in der Entwicklung aber viel weiter zurückgebliebenen Anlagen der Opticusscheiden ist stets deutlich. Ebenso sind ihre Verbindungen mit dem noch sehr reichlichen Bindegewebe der Augmuskelanlagen immer sicher nachzuweisen.

Die Spaltung der *Sclero-Chorioidea* in verschiedene Blätter, die am distalen Augpole vor sich geht, ist im Allgemeinen dieselbe geblieben, wie beim vorigen Stadium. Neben der Anlage der *Membrana Descemetii* ist jedoch das chorioideale Bindegewebe gegen den Augbecherrand sehr bedeutend vorgerückt und hat diesen vielfach, (besonders in der dorsalen Aughälfte) bereits erreicht.

Die *Membrana Descemetii* ist gegen die Linse hin, wenn überhaupt, jedenfalls nur sehr wenig vorgeschritten.

Die beim vorigen Stadium oft fehlende *Membrana pupillaris* ist hier in den meisten Fällen genau, wie beim Stadium IV (10 mm), wieder vorhanden.

Das Gewebe der *Cornea propria* hat vor der Linse eine Stärke von 0,0052 mm. Seine Faserzüge sind sehr gestreckt und enge aneinandergespreßt. Nur ziemlich spärlich finden sich darin kleine, schmale Kernchen.

Die *Conjunctiva* der *Cornea* hat eine Gesamtstärke von 0,0033 mm. Die Zellen ihres *Rete Malpighii* sind stark abgeplattet, in noch höherem Grade naturgemäss die diesem in einfacher Schicht aufliegenden übrigen Epidermiszellen.

Die Gesamtstärke der Hornhaut, in der verlängerten Augachse gemessen, beträgt 0,0095 mm.

Stadium VII (17 mm).

Die Strecken, auf welchen *Sclera* und *Chorioidea* von einander getrennt werden können, sind häufiger und besonders im Aughintergrund grösser geworden. Die Grenzschrift zwischen beiden zeigt sich zu-

weilen ganz in der Art, wie beim vorigen Stadium, oft fehlt sie aber auch vollständig. Die *Sclero-Chorioidea* misst 0,0148 mm in der Dicke, wovon 0,0089 mm auf die *Sclera*, 0,0059 mm auf die *Chorioidea* kommen.

Die Aderhaut ist reich an kleinen Gefässen. Ihre Gewebszüge verlaufen leicht gewellt, und die Kerne folgen ihnen mit der Richtung ihrer langen Achsen. Nur in dem die Gefässe direkt einhüllenden Bindegewebe nehmen die Kerne gelegentlich eine andere, zur Gefässwandung tangential Richtung an.

Eine besonders differenzierte innerste Schicht der *Chorioidea* in Form weniger sehr straff verlaufender und enge gelagerter Bindegewebszüge mit langen, schmalen Kernen, liess sich nur an einzelnen Stellen nachweisen. Der Grund davon mag darin zu suchen sein, dass das reichliche Pigment des Pigmentepithels sich oft auch auf die nächstgelegenen Theile der *Chorioidea* ausgebreitet und deren innerste Lagen mit verdeckt hat. Aus demselben Grunde lässt sich auch über die Endigung der aus der *Retina* kommenden Stützfasern nichts angeben.

Das Gefüge der *Sclera* ist viel lockerer und welliger und die Kerne dieser Haut halten sich demgemäss weit weniger in der zur Bulbusfläche tangentialen Richtung, wenn allerdings diese auch hier vorherrscht.

Gegen das umhüllende lose Bindegewebe setzt sich die *Sclera* nunmehr ganz deutlich ab: Uebergänge finden sich zwar immer noch, sind indessen selten geworden. Im untrennbaren Zusammenhang steht die *Sclera*, oder wenigstens deren äussere Schichten, mit den Bindegewebszügen, welche, in deutlicher, besonderer Differenzirung, den Sehnerven umhüllen, also den späteren Opticusscheiden, sowie mit dem Bindegewebe der Augmuskeln.

Auch Gefässe führt die *Sclera*. Dieselben sind zwar viel seltener, als in der *Chorioidea*, aber ziemlich gross.

Am vorderen Augenpole sind *Sclera* und *Chorioidea* meist nicht mehr so deutlich aus einander zu halten; ihre Verschiedenheit ist indess, wenn auch nicht durch eine scharfe Grenze ausgedrückt, doch immer noch deutlich genug, dass man unterscheiden kann, wie sich die beiden Häute an der Bildung von *Iris* und *Cornea* betheiligen. (Taf. II. Fig. 26.)

Der innerste Theil der *Chorioidea* liegt dabei dem Pigmentepithel bis zur Stelle von dessen Umbiegung in die *Retina* dicht an und bildet so den Chorioidealtheil der Irisanlage. Er führt kleine Gefässe, die freilich weit weniger zahlreich sind, als in den übrigen Theilen der Aderhaut. Direkt vor der Spitze der Iris, oder dem Augbecherrand, senden die Gewebsmassen dieses Chorioidealabschnittes einen wulstförmigen Fortsatz in der Richtung auf die Linse zu in den Raum der vorderen Augenkammer hinein. Dieser Bindegewebswulst bildet gleichsam die Bahn für ein grosses Ringgefäss, das an dieser Stelle zwischen *Cornea* und Linse dem vorderen Augenpol eingelagert ist.

Die äusseren Lagen der *Chorioidea* bilden die *Membrana Descemetii*, welche sich jetzt vor der Linse geschlossen hat und dem übrigen Gewebe der *Cornea* meist dicht anliegt. Sie unterscheidet sich von demselben durch ihren lockeren Bau und das Vorhandensein grösserer, dickerer Kerne. Ausserdem ist sie durch die Anwesenheit kleiner Gefässe ausgezeichnet. In der verlängerten Augachse gemessen hat sie eine Stärke von 0,0037 mm. An ihrem Ursprung, das heisst ihrer Abgangsstelle aus der *Chorioidea*, die etwa 0,033 mm vom freien Irisrande entfernt liegt, misst sie ca. 0,006 mm in der Dicke.

Von einer *Pupillarmembran* fehlt immer jede Spur.

Die *Cornea propria* wird zu ihrem grössten Theile aus der über den distalen Augenpol sich ausbreitenden *Sclera* gebildet. Dieselbe ist hier ungemein fest geschichtet, ihre Faserzüge sind ganz enge zusammengedrängt und, ziemlich gerade verlaufend, nur ganz leicht gewellt. Die Kerne sind klein und schlank-spindelförmig. Ausserdem betheiligen sich an dem Aufbau der *Cornea propria*, wie schon oben

gezeigt, noch Theile des bulbusumhüllenden Bindegewebes. Dieselben sind beim vorliegenden Stadium jedoch von den aus der *Sclera* stammenden nur selten zu trennen.

Die gesammte *Cornea propria* ist vor dem vorderen Linsenpole 0,0044 mm stark.

Die äusserste Schicht der *Cornea* bildet die *Conjunctiva*, ausschliesslich aus *Rete Malpighii* und einer einzigen Zellenlage, die das *Stratum corneum* darstellt, bestehend. Ersteres ist 0,0052 mm dick, letztere hat eine Stärke von 0,0018 mm. Es kommen jedoch auch Fälle vor, in welchen jene Lage des *Stratum corneum* fehlt, die *Conjunctiva* also lediglich durch das *Rete Malpighii* gebildet wird.

Stadium VIII (19,7 mm).

Die *Sclero-Chorioidea* hat im Aughintergrund eine Mächtigkeit von 0,0207 mm. Eine Trennung der Gesamtschicht in die beiden Theile lässt sich auf vorliegendem Stadium meist viel schwieriger durchführen, als beim letzten. Es giebt zwar Stellen, an welchen die beiden Häute scharf gegeneinander abgesetzt erscheinen, und sogar eine deutliche Grenzschicht nicht zu verkennen ist; (die *Sclera* ist dann 0,0133 die *Chorioidea* 0,0074 mm dick), doch sind dieselben ziemlich selten und von geringer Ausdehnung. Ein Unterschied im Bau lässt sich allerdings überall constatiren: die *Chorioidea* hat feinere, enger gelagerte, straffere, die *Sclera* ziemlich grobe, lockere, wellige Gewebzüge. Die Aderhaut führt wenige, kleine Kerne, die, abgesehen von den dem perivascularären Bindegewebe angehörigen, stets eine zur Bulbusoberfläche tangential Richtung haben; die Faserhaut dagegen führt viele, grosse, dicke Kerne, deren lange Achsen nach allen Richtungen verlaufen können. In der *Chorioidea* liegen zahlreiche Gefässe; die *Sclera* zeigt nur ganz vereinzelte Spuren von Blut. Die für frühere Stadien beschriebene besondere Differenzirung der innersten Partie der *Chorioidea* lässt sich meist nur an ganz wenigen Stellen nachweisen, da das reichliche *Pigment* des *Pigmentepithels* sich fast immer auf die angrenzenden Theile der *Chorioidea* ausgedehnt hat und die fragliche Schicht dann gänzlich verhüllt.

Die äusseren Lagen, also die *Sclera*, sind gegen das Bindegewebe der Umgebung meist deutlich abgesetzt; Uebergänge in dasselbe sind zwar noch stellenweise vorhanden, aber in Zahl und Ausdehnung gegenüber dem vorigen Stadium wieder erheblich zurückgegangen.

Dadurch, dass sich die *Membrana Descemetii* nunmehr allenthalben fest an die *Cornea propria* angelegt hat, ist endlich eine, in allen wesentlichen Bestandtheilen vollständige, Hornhaut fertig geworden. Diesselbe hat vor der Linse eine Gesamtstärke von 0,0097 mm, wovon 0,0045 auf die *Conjunctiva*, und je 0,0026 auf die *Cornea propria* und *Membrana Descemetii* kommen. Letztere hat an ihrem Rande, d. h. nahe der Stelle, wo sie aus der *Chorioidea* sich abspaltet, eine Dicke von 0,0052 mm. Sie besteht noch aus ziemlich lockeren, gewellten Faserzügen mit nicht allzu häufigen, rundlich-ovalen Kernchen. An ihrer proximalen Fläche führt sie noch einzelne kleine Gefässe und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung, vor der Linse ebenso, wie an ihrer Ursprungsstelle. Sie liegt der *Cornea propria*, wie gesagt, durchweg dicht an; nur an einigen wenigen Stellen bestehen noch ganz kleine Spalträume zwischen den beiden Gewebstheilen.

Cornea propria und *Conjunctiva* zeigen nichts Neues.

Eine *Pupillarmembran* ist nicht vorhanden.

Stadium IX (22,3 mm).

Im Hintergrunde des Auges sind *Sclera* und *Chorioidea* meist schwer von einander zu trennen. Die Grenzschicht erscheint nur selten, und auch dann wenig deutlich ausgebildet. Die Gesamtschicht misst hier 0,0247 mm in der Dicke. An den wenigen Stellen, wo eine deutliche Unterscheidung der beiden

Gewebslagen möglich ist, zeigt die *Sclera* eine Mächtigkeit von 0,0169 mm, während die *Chorioidea* 0,0078 mm stark ist. Letztere ist sehr locker gebaut. Ihre zahlreichen, kleinen Kerne haben daher gar keine bestimmte Richtung, sondern folgen lediglich den Faserzügen. Blut findet sich sehr reichlich.

Am innern Rande der *Chorioidea* zeigt sich überall da, wo derselbe von den Pigmentmassen des *Pigmentepithels* nicht mitverdeckt ist, jene, schon früher gelegentlich anzutreffende, besonders differenzierte schmale Schicht. Dieselbe setzt sich aus wenigen, sehr gerade verlaufenden, engegeschichteten Faserzügen zusammen, zwischen welchen sich, nicht allzu reichlich, sehr lange, dünne Kerne finden, die mit ihrer langen Achse stets streng parallel zur Bulbusoberfläche gerichtet sind. Zuweilen liess sich erkennen, wie die Müller'schen Stützfasern der *Retina*, die sich über den *Margo limitans externus* hinaus fortgesetzt haben und zwischen den Zellen des *Pigmentepithels* durchgetreten sind, sich mit der beschriebenen Schicht vereinigen. Es geschieht das in der Weise, dass sie kurz nach Passiren des *Pigmentepithels* unter rechtem Winkel umbiegen und in die Schicht eintreten, zwischen deren Faserzügen sie dann verschwinden. Diese Erscheinung liess sich freilich nur in vereinzelten Fällen, dann aber auch mit grosser Deutlichkeit, konstatiren.

Die *Sclera* zeigt eine etwas straffere Anordnung, als die Hauptmasse der *Chorioidea*. Ihre Faserzüge sind zwar auch noch stark gewellt, verlaufen aber, wenigstens im Allgemeinen, parallel mit der Augoberfläche. Die Kerne der *Sclera* folgen dieser Richtung. Die Haut führt einzelne Gefässe.

Gegen das umliegende lockere Bindegewebe hat sie sich nunmehr überall deutlich abgegrenzt.

Der Zusammenhang mit den Anlagen der Opticusscheiden, sowie mit den Augenmuskeln zeigt keine Verschiedenheiten gegenüber dem letzten Stadium.

Am distalen Augenpole setzt sich die *Sclera*, zusammen mit einem Theile des hier in der Anordnung seiner Faserzüge der ersteren ungemein ähnlich gewordenen Bindegewebes der Augumgebung, direkt in die *Cornea propria* fort (Taf. II. Fig. 23). Diese hat, unmittelbar vor der Linse gemessen, eine Stärke von 0,0089 mm. Die sie aufbauenden Faserzüge sind sehr fein und enge an einander gedrängt, nur wenig gewellt und mit spärlichen, kleinen und schmalen Kernen versehen. Eine Grenze gegen die *Sclera* hin existirt absolut nicht. Die *Conjunctiva* der *Cornea* ist in der verlängerten Augenachse sehr dünn, nur 0,0037 mm stark, und besteht hier aus einer einzigen Zellenlage, dem *Rete Malpighii*, dessen Elemente sehr niedrig-plattenförmig, sind. Sie nimmt aber in den von dem distalen Augenpole entfernteren Partien rasch an Stärke zu, so dass sie z. B. in Gegend des Irisrandes bereits wieder 0,0059 mm misst. Hier sind die Zellen des *Rete Malpighii* viel höher, haben zwar noch nicht die charakteristische Cylindergestalt, aber doch wenigstens Würfelform erreicht. Auch 1—2 Lagen sehr flacher Elemente eines *Stratum corneum* sind hier häufig vorhanden. An dieser Stelle ist übrigens auch die *Cornea propria* stärker, nämlich 0,0170 mm dick.

Die *Membrana Descemetii* misst in der Augenachse 0,0029 mm; in der Gegend ihrer Abzweigung aus der *Chorioidea*, d. h. hier nicht weit hinter dem freien Irisrande, ist sie 0,0063 mm stark. Sie besteht aus wenigen, ziemlich welligen Faserzügen mit kleinen, aber nicht sehr schmalen, sondern eher rundlich-ovalen, Kernen. Sie hat sich jetzt überall dicht an die *Cornea propria* angelagert. Blut findet sich nur noch in ihren der Iris genäherten Randpartien, und auch da weit spärlicher, als beim vorigen Stadium.

Das dem Irisrande vorgelagerte Ringgefäss, dessen Perivasculärgewebe mit dem Bindegewebe der chorioidealen Iris in loser Verbindung steht, hat keine Veränderung erlitten.

Die Züge der *Chorioidea* selbst sind in der Gegend des freien Irisrandes etwas stärker geworden und führen kleine Gefässe. Häufig hat sich das Pigment des *Pigmentepithels* auch auf diese bindegewebigen Theile der Irisanlage verbreitet.

Stadium X (27,5 mm).

Die *Sclero-Chorioidea* ist im Hintergrunde des Auges 0,0168 mm stark, wovon 0,0058 mm auf die *Chorioidea*, 0,011 auf die *Sclera* fallen. Beide Häute lassen sich hier leicht von einander unterscheiden. In der grossen Mehrzahl der Fälle ist auch die Zwischenschicht zwischen beiden sehr schön ausgebildet. Sie ist aber jetzt nicht mehr straffer angeordnet, als die *Sclera*, sondern erscheint eher etwas lockerer, als diese.

Die Aderhaut besteht aus ziemlich los geschichteten, welligen Zügen. Besonders in ihren inneren, also dem Bulbus zugekehrten Partien ist sie sehr gefässreich. Die Bindegewebskerne, ziemlich klein, von nicht sehr gestreckter Spindelform, verlaufen in ihrer Mehrzahl, jedoch keineswegs ausnahmslos, tangential zur Bulbusfläche. Das reichliche Pigment des Pigmentepithels hat sich auch noch auf die benachbarten Theile der *Chorioidea* ausgedehnt und so die Unterscheidung einer ev. vorhandenen besonders differenzirten innersten Gewebslage, also einer Zwischenmembran, unmöglich gemacht.

Die Faserhaut setzt sich aus weit weniger gewellten, sehr straff und enge geschichteten Bindegewebszügen, die ganz langgestreckte, dünne Kerne führen, zusammen. Der Uebergang des Muskelbindegewebes, — von eigentlichen Sehnen lässt sich ja noch nicht sprechen — sowie der äusseren Opticusscheiden in die äusseren Lagen der *Sclera* ist stets deutlich. Die innere Sehnervenscheide ist in nächster Nähe des Bulbus noch nicht als besondere Gewebsschicht erkennbar, über ihren Zusammenhang mit Theilen der Augenkapsel lässt sich also nichts aussagen. Ausserhalb der *Sclera* hat sich das Bindegewebe der weiteren Augenumgebung nunmehr ebenfalls zu einer Art Kapsel arrangirt, die jedoch von der *Sclera* trotz ihres sehr ähnlichen Baues stets sehr leicht zu unterscheiden ist: vor Allem dadurch, dass die Augenmuskeln und die Opticusscheiden durch sie hindurchtreten, ohne irgendwelche Verbindung mit ihr einzugehen. Dieses Bindegewebe ist sehr reich an Gefässen, und auch die äusseren Lagen der *Sclera* selbst zeigen gelegentlich Spuren von Blut.

Gegen den distalen Augenpol hin verdickt sich die *Sclera* allmählich etwas und geht in der öfters geschilderten Weise in die Züge der *Cornea propria* über.

Die *Cornea* i. w. S. hat vor der Linse eine Gesamtstärke von 0,0208 mm. An ihrem Rande, den man bei dem Fehlen jeder deutlichen Grenze gegen die *Sclera* an der Stelle annehmen mag, wo die *Membrana Descemetii* sich von der *Chorioidea* abspaltet, ist die Hornhaut im Ganzen 0,0377 mm mächtig. Auf die einzelnen Lagen der *Cornea* vertheilen sich diese Zahlen folgendermassen:

Die *Conjunctiva* ist vor dem distalen Linsenpole 0,0045 mm stark. Sie ist hier einschichtig, besteht also lediglich aus dem *Rete Malpighii*, dessen Zellen stark abgeplattet sind. Gegen den Rand hin nehmen die letzteren allmählich mehr cubische Form an, und zugleich finden sich ihnen, zunächst in einfacher, bald aber mehrfacher Lage die Elemente der äusseren Epidermisschichten, also eines *stratum corneum*, aufgelagert, so dass die corneale *Conjunctiva* an dem Rande (dessen Lage oben näher präcisirt wurde) auf 0,0078 mm Dicke zu stehen kommt.

Die *Cornea propria* misst in der Augenachse 0,0130, am Rande 0,0234 mm. Ueber ihre Zusammensetzung ist nichts Neues anzuführen. Die *Membrana Descemetii* besteht jetzt häufig in einem Theile ihrer Ausdehnung aus einer einfachen Lage von Zellen, die in den Partien vor dem Linsenpole mehr, in den Randtheilen der Schicht weniger langgestreckt sind. Daneben finden sich aber stets noch faserige Elemente. Gelegentlich sind bei einzelnen benachbarten Zellen die trennenden Wände verschwunden und es findet sich dann eine Anzahl der kleinen schmalen Kernchen in einem grösseren Raume nebeneinander, während von den Zellen, denen sie angehört haben, nur die Membranen der proximalen oder distalen

Flächen übrig geblieben sind (Taf. III. Fig. 37). Doch findet sich diese Erscheinung, wie gesagt, nur stellenweise. Die *Membrana Descemetii* ist, in der Augachse gemessen, 0,0033 mm stark, während sie in der Gegend ihrer Abzweigung aus der *Chorioidea* 0,0065 mm Dicke aufweist.

Die *Chorioidea* der distalen Augenpartieen liegt dem Pigmentepithel stets dicht an. Sie ist bis an den freien Irisrand hin vorgedrungen und führt hier ziemlich viele, aber kleine Gefässe. Von einer Zwischenmembran ist auch in diesem Abschnitt, vermuthlich wegen des von der Pigmentlamelle herübergekommenen Pigmentes, nichts zu entdecken.

Das der Iris vorgelagerte Ringgefäss ist stets deutlich vorhanden, doch scheint es mir in vielen Fällen entschieden weniger bedeutend, als bei früheren Stadien: vor Allem ist das einst so stark entwickelte Bindegewebspolster, in dem es sich um die Pupille herumzog, bis auf wenige Reste geschwunden. (Taf. III. Fig. 27).

Von einer Vascularisirung der *Membrana Descemetii* hat sich auch die letzte Spur verloren.

Stadium XI (32 mm).

Sclera und *Chorioidea* sind allenthalben deutlich von einander zu unterscheiden. Im Aughintergrunde ist erstere 0,0117, letztere 0,0078 mm stark. Die Grenzsicht fehlt nur ausnahmsweise. Sie ist auch bei diesem Stadium stets straffer, als die *Chorioidea*, dagegen lockerer, als die *Sclera* angeordnet. Die *Chorioidea* besteht aus wenigen, losen Gewebszügen mit nicht sehr regelmässig gelagerten, oft gekrümmten Kernchen und zahlreichen Gefässen. Der Umstand, dass diese oft einen grösseren Durchmesser besitzen, als die durchschnittliche Stärke der Aderhaut beträgt, bewirkt ein stellenweises Anschwellen der letzteren. Auch beim vorliegenden Stadium sind von dem Pigmentepithel her Pigmentmassen in die inneren Schichten der *Chorioidea* eingewandert und verdecken eine möglicherweise vorhandene Zwischenmembran vollständig.

Die *Sclera* besteht wieder aus enggelagerten, sehr gestreckt verlaufenden Fibrillenzügen, deren lange, schmale Kerne zur Bulbusfläche fast durchweg tangential gerichtet sind. Was die Verbindung mit Muskeln und Opticusscheiden betrifft, so gilt das fürs letzte Stadium Gesagte.

Die besondere Anordnung des Bindegewebes der Augenumgebung zu einer Art von äusserer Augenkapsel lässt sich auch hier sehr deutlich erkennen.

Eine Grenze zwischen *Sclera* und *Cornea* fehlt ebenfalls, und empfiehlt es sich, den Rand der *Cornea* wieder an der Stelle anzunehmen, wo sich *Membrana Descemetii* und *Chorioidea* trennen. Dieser Ort findet sich aber jetzt meistens dem distalen Augenpole viel mehr angenähert, nicht weit von dem freien Irisrande entfernt.

Die corneale *Conjunctiva* ist, in der Augachse gemessen, 0,0052 mm stark. Sie wird in dieser Gegend ebenfalls wieder von den in einer Lage angeordneten, sehr platten Zellen der *Rete Malpighii* gebildet. Eine Annäherung derselben an cubische Form, sowie Auflagerung von Elementen des *stratum corneum* beginnt erst in Gegend des freien Irisrandes, also kurz vor Erreichung der als sclerotische Corneagrenze angenommene Stelle. Dort misst die *Conjunctiva* 0,007 mm. (Taf. III. Fig. 28).

Die *Cornea propria*, deren Bau sich in Nichts geändert hat, besitzt vor der Linse eine Mächtigkeit von 0,0182, am Rande eine solche von 0,0197 mm.

Die *Membrana Descemetii* präsentirt sich als einfache Zellenlage, deren Elemente häufig durch Strecken, die aus faserigen Bestandtheilen sich bilden, in ihrem Zusammenhange unterbrochen werden.

Der Umstand, dass in der Augachse ihre Dicke (0,0021 mm) geringer ist, findet auch hier wieder ausschliesslich damit seine Erklärung, dass vor der Linse die Zellen der sogenannten Membran länger gestreckt und dünner sind, als in den Randpartieen, wo die Schicht eine Stärke von 0,0030 mm zeigt.

Die gesammte *Cornea* hat also eine Mächtigkeit von 0,0255 mm vor der Linse, 0,0297 mm an der sclerotalen Grenze.

Das Ringgefäss am freien Irisrande ist immer vollständig verschwunden. Die *Chorioidea* erreicht diesen Rand, ohne sich aber noch über denselben hinaus fortzusetzen.

Das ausgebildete Thier.

Chorioidea und *Sclera* sind stets deutlich von einander zu unterscheiden. Bei einzelnen Exemplaren kommen freilich stellenweise Anklänge an die Zustände auf früheren Stufen vor, indem die Häute im Bau einander so ähnlich sind, dass sich eine feste Grenze zwischen beiden nicht aufstellen lässt; doch ist diese Erscheinung wie gesagt, immer auf vereinzelte Stellen beschränkt, während sich gleich daneben *Sclera* und *Chorioidea* auf's Deutlichste gegeneinander absetzen. In einzelnen Augen wird diese Grenze durch das Vorhandensein einer ausgesprochenen *Lamina fusca* noch mehr hervorgehoben. Es lässt sich in derselben das für sie charakteristische System von Maschen freilich nur selten erkennen, da, wo sie auftritt, fast immer auch eine reichliche Pigmentirung vorhanden ist, wodurch der Bau dieser Zwischenschicht in der Hauptsache verdeckt wird.

Zur Veranschaulichung der Grössenverhältnisse von *Chorioidea* und *Sclera* im Aughintergrunde mag folgende Tabelle dienen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Bulbustiefe mm	1,0350	0,8620	0,7758	0,7413	0,6637	0,3186
<i>Chorioidea</i> mm	0,0088	0,0066	0,0130	0,0091	0,0100	0,0078
<i>Sclera</i> mm	0,0185	0,0148	0,0390	0,0325	0,0338	0,0234
Verhältniss von <i>Chorioidea</i> zu <i>Sclera</i>	1:2,1	1:2,24	1:3	1:3,57	1:3,38	1:3
Verhältniss von <i>Chorioidea</i> zu Bulbustiefe	1:117	1:130	1:59,6	1:81,4	1:66,4	1:40,8
Verhältniss von <i>Sclera</i> zu Bulbustiefe	1:55,9	1:58,2	1:19,8	1:22,8	1:19,6	1:13,6

Das Verhältniss, in welchem die beiden Häute zu einander stehen, ist also ein sehr verschiedenes. Man kann jedoch sagen, dass, je geringer die Bulbustiefe, je kleiner also das Auge, die *Sclera* zu Gunsten der *Chorioidea* umsomehr zurücktritt. Ebenso verhält sich die *Chorioidea*, verglichen mit der Bulbustiefe: je geringer diese, in umso höherem Grade betheiligt sich die Aderhaut am Aufbau des Auges. Dasselbe

gilt im Allgemeinen, von den auch hier oft recht bedeutenden Schwankungen abgesehen, von der *Sclera*: auch sie ist in den grossen Augen verhältnissmässig viel weniger mächtig, als in den kleinen.

Was den feineren Bau betrifft, so zeigt die, übrigens meist sehr gefässreiche *Chorioidea* auch in dieser Richtung die grössten Schwankungen. In den meisten Fällen ist ihr Gefüge ein ziemlich lockeres. Die Bindegewebsfasern verlaufen stark wellig und die zahlreichen spindelförmigen Kerne zeigen in der Richtung ihrer langen Achse gar keine bestimmte Anordnung: sie sind eben den Wellenzügen entsprechend gelagert, also bald tangential zur Bulbusfläche, bald senkrecht dazu gerichtet, oder unter irgend welchem anderen Winkel zu ihr geneigt. In einzelnen Fällen zeigt die Aderhaut jedoch einen wesentlich festeren Bau. Ihre Züge sind dann nur wenig gewellt und verlaufen mehr parallel zur Bulbusfläche. Die sie bildenden Fibrillen sind enge aneinandergelagert, und bei den viel weniger zahlreichen, dagegen langgestreckten und viel schmälern Kernen ist die lange Achse stets tangential zur Fläche des Auges gestellt. Eine Ausnahme machen hievon nur die in der Umgebung der Gefässe gelegenen Kerne, die weniger gestreckt sind und meist tangential zur Gefässwandung angeordnet erscheinen. Häufig sind die innersten Theile, augenscheinlich durch aus dem Pigmentepithel herübergewanderte Massen, mehr oder weniger stark pigmentirt. Eine eigentliche Zwischenmembran d. h. eine structurlose, glashelle Haut am inneren Rande der Aderhaut (so, wie sie z. B. gelegentlich als *Lamina vitrea* beschrieben worden ist), existirt in keinem Falle, wohl aber lässt sich häufig jene schon auf frühen Embryonalstufen anzutreffende, besonders differenzirte innerste Aderhautpartie constatiren, die man als Anlage einer solchen Membran auffassen kann. Sie stellt immer eine sehr dünne (ca. 0,0008 mm mächtige) Schicht dar, und ist aus wenigen, ganz feinen Bindegewebsfäserchen, die sehr enge aneinandergelagert sind und einen fast gar nicht gewellten, sehr straffen Verlauf zeigen, aufgebaut. Zuweilen finden sich in ihr kleine, schmale Kernchen, meist aber liegen ihr solche nur, auf der inneren, wie der äusseren Fläche, dicht an.

Die Müller'schen Fasern, deren Durchtreten zwischen den Zellen des Pigmentepithels (cfr. *Retina*) man unter günstigen Umständen beobachten kann, treten in die fragliche Schicht ein und verlieren sich zwischen den Fäserchen derselben. Freilich konnte ich diese Thatsache nur in ganz seltenen Fällen constatiren, da die reichliche Pigmentirung des Pigmentepithels einerseits die Müller'schen Fasern, andererseits häufig auch alle inneren Partien der *Chorioidea* vollständig mit verdeckt. Gelegentlich finden sich jedoch in einzelnen Augen pigmentfreie, oder doch pigmentärmere Stellen, und dann ist es möglich, das geschilderte Verhalten dieser Gewebstheile deutlich nachzuweisen. Oft ist aber mit Bestimmtheit erkennbar, dass es nicht zur Differenzirung der fraglichen Schicht gekommen ist, die *Chorioidea* vielmehr ganz unverändert bis an das Pigmentepithel heranreicht. Auch in solchen Fällen lassen sich jedoch gelegentlich Stützfasern durch letztere Haut hindurch verfolgen. Sie verlieren sich dann in den Gewebzügen der Aderhaut.

Da, wo die Zwischenmembran, oder ihre Anlage, vorhanden ist, findet sich niemals eine Spur von Blut in ihr. Es ist also ausgeschlossen, sie etwa mit einer *Membrana choriocapillaris* für gleichbedeutend anzusehen.

Die *Sclera* (Taf. V. Fig. 62) zeigt stets einen viel strafferen Aufbau, als die *Chorioidea*. Sie ist aus sehr feinen, ungemein enge aneinander gedrängten Fibrillen zusammengesetzt. Sehr häufig macht sich in ihr eine Neigung zu einer Art von Bänderbildung geltend. Es scharft sich dann eine mehr, oder weniger bedeutende Anzahl jener Fäserchen zu einem Band, oder einem Bündel zusammen, das meist leicht gewellt vorläuft und von dem benachbarten durch mehr oder weniger grosse und zahlreiche Spalten getrennt ist.

Die Bänder gehen häufig ineinander über, gabeln und theilen sich dann wieder und geben der *Sclera* das Aussehen eines sehr engmaschigen Flechtwerkes. Die Kerne sind in der *Sclera* immer sehr klein und wenig zahlreich; oft fehlen sie auf verhältnissmässig weite Strecken gänzlich. Meist sind sie auf die peripherischen Theile der Faserhaut, besonders deren äussere proximale Randpartieen, beschränkt, zuweilen finden sie sich aber auch durch die ganze *Sclera* gleichmässig zerstreut. Stets verläuft ihre lange Achse tangential zur Bulbusfläche. In denjenigen Faserhäuten, in welchen die beschriebene Netzbildung deutlicher auftritt, fehlen die Kerne den centralen Partieen der Bänder meist ganz und sind in der Hauptsache auf deren peripherische Lagen beschränkt.

Die *Sclera* setzt sich gegen das Bindegewebe der Augenumgebung in allen Fällen auf's Deutlichste ab. Die Anordnung des letzteren zu einer Art zweiter, äusserer Augenkapsel, wie sie sich bei grösseren Embryonen zeigt, tritt auch im Auge des ausgebildeten Thieres nicht selten deutlich in Erscheinung, meistens freilich fehlt sie, bis auf ganz unbedeutende Andeutungen.

Eine Grenze zwischen *Sclera* und *Cornea* existirt auch im höchstentwickelten Maulwurfsauge nicht. Will man eine solche aufstellen, was ja mit Rücksicht auf Constatirung und Vergleichung der Stärkenmasse immerhin sehr nützlich sein dürfte, so würde es sich auch jetzt wieder, wie bisher, empfehlen, dafür die Stelle zu wählen, an welcher die *Membrana Descemetii* aus der *Chorioidea* ihren Ursprung nimmt.

Was die Massverhältnisse der *Cornea* betrifft, so gilt stets die Regel, dass die Hornhaut vor dem distalen Augenpole, also in der Augachse, ihre geringste Mächtigkeit hat und gegen ihre Randpartieen hin allmählich, mehr oder weniger rasch, zunimmt. Das Nähere soll folgende Tabelle zeigen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
In der Augachse	<i>Conjunctiva</i>	0,0062	0,0063	0,0169	0,0090	0,0058	0,0052
	<i>Cornea propria</i>	0,0163	0,0126	0,0195	0,0221	0,0195	0,0351
	<i>Membrana Descemetii</i>	0,0029	0,0015	0,0019	0,0013	0,0019	0,0019
	Gesamtstärke der <i>Cornea</i> . .	0,0254	0,0204	0,0383	0,0324	0,0272	0,0422
	Verhältniss der Gesamtstärke der <i>Cornea</i> zur Bulbustiefe.	1:40,7	1:42,2	1:20	1:22,8	1:24,4	1:7,55
Am Rande.	<i>Conjunctiva</i>	0,0148	0,0103	0,0177	0,0110	0,0077	0,0071
	<i>Cornea propria</i>	0,0340	0,0325	0,0459	0,0416	0,0400	0,0481
	<i>Membrana Descemetii</i>	0,0029	0,0026	0,0019	0,0013	0,0019	0,0019
	Gesamtstärke der <i>Cornea</i> . .	0,0539	0,0454	0,0655	0,0539	0,0496	0,0571
Verh. von Gesamtstärke der <i>Cornea</i> in der Augachse zur Gesamt- stärke am Rande		1:2,12	1:2,22	1:1,71	1:1,66	1:1,82	1:1,35

Wie man sieht, ist die Stärke der *Cornea* in der Augachse bei den verschiedenen Individuen wieder sehr verschieden; es tritt jedoch auch hier, wie bei *Chorioidea* und *Sclera*, im Allgemeinen die Regel zu Tage, dass je kleiner ein Auge, umso stärker im Verhältniss seine *Cornea* ist.

Auch die Stärkezunahme, welche die Hornhaut gegen ihren Rand hin erfährt, ist eine sehr verschiedene, jedoch scheint, im Grossen und Ganzen betrachtet, auch in diesem Punkte eine gewisse Gesetzmässigkeit zu herrschen. Die Verdickung ist nämlich bei den grösseren Augen eine verhältnissmässig viel bedeutendere, als bei den kleineren.

Ob Hess mit seiner Angabe, die *Cornea* sei in ihrem Scheitel 0,03 mm dick, eine Durchschnittszahl hat aufstellen wollen, oder ob er das bei einem Exemplar gefundene Mass ohne Weiteres als für alle Maulwurfshornhäute giltig ansieht, vermag ich nicht zu entscheiden, es scheint mir übrigens das eine so unrichtig zu sein, wie das andere.

Der äusserste der drei die *Cornea* zusammensetzenden Theile, die *Conjunctiva*, besteht in seinen vor dem Linsenpole sich ausbreitenden Parteen nur in seltenen Fällen ausschliesslich aus dem *Rete Malpighii*. Meist haben sich auf diesem eine, oder mehrere weitere Epidermislagen, also Theile eines *stratum corneum*, entwickelt. Die Stärke dieser äussersten Schichten ist ebenfalls sehr schwankend. Bald bilden sie, wie gesagt, nur eine einzige Lage sehr langgestreckter, faserartiger Zellen, 0,0013 mm breit, die keine Spur von Kernen mehr zeigen, ein anders Mal ordnen sie sich dann wieder in 2—3 Lagen an, von denen die innerste aus langen, dünnen Plattenzellen, mit ziemlich gestreckten, spindelförmigen Kernen, besteht, während die Elemente der zweiten viel länger und dünner und nur in einzelnen Fällen noch mit sehr gestreckten, fast fadenförmigen Kernen versehen sind. Eine ev. vorhandene dritte, äusserste Lage bilden dann fast vollständig verhornte, absolut kernlose, schuppenförmige Zellen.

Auch das *Rete Malpighii* hat in seinen im Umkreis der Augachse gelegenen Parteen einen sehr mannigfaltigen Bau. Stets wird es durch eine einzige Lage plattenförmiger Zellen dargestellt, doch ist die Stärke der letzteren sehr verschieden: bei dem einen Thier ziemlich gering, bei einem andern dann verhältnissmässig bedeutend, schwankt sie zwischen 0,0039 und 0,0058 mm.

Gegen den Rand, also gegen die *Sclera* hin, verstärkt sich die *Conjunctiva*. Es geschieht dies einmal dadurch, dass sich die Lagen des *stratum corneum* vermehren und zwar, wie dies ja überall in der *Epidermis* der Fall ist, durch Neubildung vom *Rete Malpighii* aus. Man wird also in den von der Augachse entfernten Theilen als äusserste Corneaschicht immer wieder die schuppenförmigen, langgestreckten und dünnen, kernlosen Hornzellen und einwärts von ihnen etwas weniger gestreckte Zellen antreffen, die wenigstens noch Spuren eines Kernes erkennen lassen. Zwischen ihnen und der Malpighi'schen Schicht treten dann, zunächst eine, bald mehrere Lagen von Elementen auf, die mehr plattenförmig und mit deutlichen, oft spindelförmigen, ja sogar rundlich-ovalen Kernen ausgestattet sind. Solcher innerer Lagen können es gegen die Scleragrenze hin bis zu vier werden.

Auch die Zellen des *Rete Malpighii* nehmen, je weiter von der Augachse entfernt, umsomehr an Höhe zu und werden zunächst allmählich cubisch, schliesslich cylindrisch, bis zu 0,0059 mm hoch. Ihre vor dem Linsenpol ziemlich langgestreckten elliptischen Kerne, deren lange Achse dort parallel zur Fläche der *Cornea* verläuft, werden immer kürzer und gedrungener und gewinnen endlich (in den Cylinderzellen) Kugelgestalt, mit einem Durchmesser bis zu 0,0044 mm.

Der Haupttheil der Hornhaut, die *Cornea propria*, zeigt in allen von mir untersuchten Maulwurfsaugen das Gemeinsame, dass er aus sehr feinen Bindegewebsfäserchen gebildet ist. Dieselben liegen ganz

enge aneinander gedrängt und besitzen in den Partien des vorderen Augenpoles stets nur sehr wenige Kerne. Diese sind meist sehr klein und schmal-spindelförmig, nur in einem einzigen Falle erschienen sie mehr rundlich. Selten finden sie sich durch die ganze Dicke der Schicht zerstreut; sie halten sich gewöhnlich vorwiegend in den peripherischen, und von diesen hauptsächlich in den proximalen Partien. Es kommt jedoch auch vor, dass sie den im Umkreise der Augachse gelegenen Abschnitten der Hornhaut vollständig fehlen.

Von den „spindelförmigen Zellen“, also wohl den sog. Corneakörperchen, die Hess, sogar in grosser Anzahl, constatirt hat, konnte ich niemals auch nur eine Spur entdecken. Es existieren zwar in der *Cornea propria* zahlreiche kleinere und grössere Spalträume, doch liessen sich an denselben (auch unter Anwendung der Silbermethoden) niemals die charakteristischen nach allen Seiten abgehenden kurzen Fortsätze nachweisen. Vielfach verdanken diese Spalten wohl der, auch in der *Cornea* auftretenden Neigung zur Bänder- oder Balkenbildung ihr Dasein. Dieselbe findet sich aber keineswegs in jeder Hornhaut; ich konnte sie vielmehr, wenigstens in den Theilen des Augpoles, nur selten mit Sicherheit constatiren.

Ebensowenig, wie Corneakörperchen vermochte ich in der vor der Linse gelegenen *Cornea* die nach Kadyi die gesammte Hornhaut durchziehenden Gefässe aufzufinden. In meinen, sehr zahlreichen Präparaten besitzen die Randpartien der *Cornea* selten, die der Augachse nahegelegenen niemals Gefässe.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, nimmt die *Cornea propria* gegen die *Sclera* hin ebenfalls an Stärke immer mehr zu. Auch ihre Struktur erleidet dabei Änderungen. Vor allem tritt die Zusammenfassung der Fasern in Bänder mehr hervor. Auch da, wo diese nicht stattgefunden hat, verlaufen die Fasern, immer noch sehr enge gedrängt, entschieden etwas welliger. Weiterhin sind die von der Augachse entfernteren Partien stets viel kernreicher: es kommt häufiger vor, dass sich durch die ganze Schicht die Kerne, die auch etwas an Stärke zugenommen haben, gleichmässig verbreiten; absoluter Kernmangel besteht in diesen Theilen niemals.

Häufig lässt sich nahe der (angenommenen) sclerotalen Grenze die *Cornea propria* in zwei verschiedene Schichten zerlegen. Die innere derselben, die weitaus mächtigere, setzt sich in die *Sclera* fort, während die äussere, dünnere mit den Bindegewebszügen im Zusammenhange steht, die den Bulbus im weiteren Umkreise umschliessen. Diese äussere Schicht ist stets viel lockerer angeordnet, ihre Züge verlaufen viel welliger, sie ist immer reich an rundlich-ovalen, gelegentlich beinahe kugeligen Kernchen, deren lange Achse, im Gegensatze zur übrigen *Cornea*, wo dieselbe stets zu der Oberfläche der Haut parallel gerichtet ist, nach allen möglichen Richtungen verläuft.

In einem einzigen Falle zeigte die Hornhaut ein von dem geschilderten sehr verschiedenes Verhalten Taf. III. Fig. 39. In der Augachse hatte nämlich die *Conjunctiva* eine Stärke von zusammen 0,0244 mm. Sie bestand hier, von Innen nach Aussen betrachtet, zunächst aus dem *Rete Malpighii*, das aus 0,0096 mm breiten, 0,0074 mm dicken Platten gebildet war. Diese führten kugelige Kerne von 0,0063 mm Durchmesser. Es folgten darauf, zusammen ebenfalls 0,0074 mm dick, zwei Zellenlagen, deren Elemente etwas weniger starke Platten darstellten und länglich ovale Kerne führten. Hieran schlossen sich 2—3 Lagen langgestreckter in der Verhornung begriffener Zellen mit noch deutlichen, sehr gestreckten Kernen in einer Gesamtstärke von 0,0052 mm, und endlich mehrere Schichten ungemein langer, schuppenförmiger, vollständig verhornter Zellen, zusammen 0,0044 mm dick. Gegen die *Sclera* nahm diese *Conjunctiva* nicht, wie in allen anderen Fällen, an Mächtigkeit zu, sondern im Gegentheil sehr bedeutend ab. Schon die Zellen des *Rete Malpighii* waren nahe der Faserhaut nur mehr 0,0044 mm dick, bei einer Breite

von 0,0081 mm (Kerne 0,0033: 0,0044 mm). Das *stratum corneum* hatte die grösste Einbusse erlitten, da hier, mit Ausnahme der beiden äussersten, zusammen 0,0044 mm starken, alle weiteren Lagen fehlten. Die *Cornea propria* zeigte dagegen kein auffälliges Verhalten, da sie in der Augachse 0,0207, in Nähe der scerotalen Grenze 0,0517 mm dick war, was das Verhältniss 1: 2,5 ergibt. Auch in ihrem Bau hatte sie keine Besonderheiten. Eine gelegentliche Neigung der *Conjunctiva*, sich vor der Linse unverhältnissmässig zu verdicken, zeigt sich nun auch sonst wohl ab und zu (ich erinnere nur an die *Cornea*, deren Masse in der Tabelle sub. III verzeichnet sind), niemals aber hat diese Verstärkung eine so gewaltige, das ganze Aussehen der Hornhaut in so hohem Grade umgestaltende Ausdehnung angenommen, und ich glaubte daher auf diesen, ja zweifellos abnormen Fall, hier mit einigen Worten eingehen zu sollen.

Der innerste Theil der *Cornea*, die *Membrana Descemetii* (Taf. III Fig. 40) ist jetzt zu einer sehr feinen, glashellen Haut geworden, die in den meisten Fällen auf den ersten Blick einer *Membran* zum Mindesten sehr nahe zu kommen scheint. Bei genauerer Untersuchung zeigt es sich jedoch, dass darin, neben sehr feinem Protoplasmagerinnsel, eine grosse Anzahl feinsten Fäserchen verlaufen. Ausserdem finden sich, zwar niemals in ihr, aber immer ihr dicht angelagert, in einem Falle mehr, im anderen Falle weniger, kleine Kernchen. Dieselben sind übrigens an ihrer distalen, der *Cornea propria* anliegenden Fläche stets viel häufiger, als an der dem Auge zugekehrten, wo sie immer nur selten auftreten und in vielen Fällen ganz fehlen. Gegen die *Sclera* hin verändert sich die *Membrana Descemetii* meist gar nicht: ganz so, wie sie vor der Linse ist, scheint sie aus dem chorioidealen Iristheile herauszuwachsen; nur mögen die Kernchen in der Nähe ihrer Ursprungsstelle besonders auch an der proximalen Fläche etwas zahlreicher sein.

Selbst bei den höchstentwickelten Embryonalstadien hatte sich von einem *Ligamentum pectinatum*, ausser gelegentlichen, ganz schwachen Spuren, nichts gezeigt. Im Auge des erwachsenen Thieres ist ein solches dagegen wohl immer vorhanden, wenn es auch in Folge starker Pigmentierung, oder weil sich *Cornea* und *Chorioidea* in den Präparaten dicht aneinander gelegt haben, nicht in allen Fällen nachweisbar ist. Es stellt ein System von Balken dar, die sich zwischen der *Chorioidea* und der hintersten *Cornea*, vielleicht auch schon zum Theil der *Sclera*, ausgespannt finden. Taf. III Fig. 35. Den Grundbestandtheil, wenn ich mich so ausdrücken darf: das Skelett dieses Gerüsts bilden feine Bindegewebsfasern, die sich von der *Chorioidea*, und zwar von den tiefergelegenen Bindegewebszügen derselben aus, nach der *Membrana Descemetii* hinziehen, diese durchsetzen, und sich zwischen den Fibrillen der *Cornea propria*, resp. *Sclera* verlieren. Um diese Fasern herum hat sich dann ein Belag von Zellen arrangirt und dadurch erhält der ganze Apparat das Aussehen jenes, aus ziemlich starken Zellbalken gebildeten Gerüsts. Die die Oberfläche bildenden Zellen, die jede Faser in einfacher Lage umschliessen, sind sehr klein und besitzen kleine, länglich-ovale Kerne. Zuweilen scheinen auch ihre Zellenmembranen zu Grunde zu gehen, die Faser ist dann nur noch mit den Kernchen besetzt, und erhält auf diese Weise ein ganz unregelmässiges Aussehen: es entsteht ein Bild, das bei schwächerer Vergrösserung etwa den Eindruck eines Fadens macht, in welchen, in ganz engen Abständen, Knoten geschlungen sind.

W. E. Briggs¹⁾ beschreibt für andere Säuger die Bildung des *Ligamentum pectinatum* in ähnlicher Weise. Die *Membrana Descemetii* kommt nach ihm dem von der *Chorioidea* aus in die *Cornea propria* eindringenden Faserbündel, das einen solchen Balken bildet, mit einer kegelförmigen Erhebung ent-

¹⁾ W. E. Briggs. Notiz über die Bedeutung des *Ligamentum Iridis pectinatum* in: Wiener Sitzungsberichte 1879. Bd. 79. Abth. III, pag. 284.

gegen und umschliesst dasselbe wenigstens in einem Theile des Verlaufes. Ich glaube, dass sich der beim Maulwurf vorkommende Zellbelag, der hier aber immer nur eine einzige Faser umschliesst, ebenso erklären lässt. Die *Membrana Descemetii* besteht ja hier noch zum grossen Theil aus zelligen Elementen, die kegelförmigen Erhebungen würden also ebenfalls ganz, oder grossentheils aus solchen bestehen. Denkt man sich diesen entgegenkommenden Theil der descemetischen Haut nun etwas verlängert, so würden dieselben die chorioideale Iris erreichen. Der Zellbelag der Faser wäre also nichts anderes, als eine stark in die Länge gezogene kegelförmige Erhebung der *Membrana Descemetii*.

Z u s a m m e n f a s s u n g.

Auf den frühesten Stufen der Entwicklung wird das Auge von starken Bindegewebsmassen umschlossen, die in das Gewebe der weiteren Umgebung ohne jede Grenze übergehen. Bald aber beginnt sich in ihren dem Bulbus unmittelbar anliegenden Theilen eine besondere Anordnung insofern geltend zu machen, als die Zellen und Faserzüge mehr und mehr das Bestreben zeigen, eine zur Bulbusfläche tangentielle Richtung anzunehmen, zweifellos eine Folge des Druckes, den das wachsende Organ auf seine nächste Umgebung ausübt. Es entsteht so allmählich eine, zunächst sehr unregelmässig dicke Kapsel um das Auge, die gegen das Bindegewebe der weiteren Umgebung einzig und allein durch die besondere Lagerung ihrer Elemente abgehoben ist. Sie fängt indessen sofort an, sich von ihrer Nachbarschaft loszulösen, ein Prozess, der freilich nur ganz langsam vor sich geht, so dass noch auf sehr hohen Stufen der Entwicklung immer wieder Fälle vorkommen, die Uebergänge, ja direkte Verbindung, bewahrt haben. Die ganze Augkapsel ist von kleinen Gefässen reichlich durchzogen.

In den Partien, die an das Auge unmittelbar grenzen, entsteht dann durch regelmässiger Anordnung der faserigen und zelligen Elemente und durch theilweise Aufgabe des bisher sehr welligen Verlaufes der Gewebszüge zu Gunsten etwas strafferer, gestreckterer Lagerung eine Schicht, die sich allmählich gegen den Rest der Augenkapsel scharf abhebt, ohne indessen den Zusammenhang mit ihr aufzugeben.

Die in der Umgebung des Augblasenstiels gelegenen kleineren Gefässstämme dringen nun, zunächst längs dem letzteren hinlaufend, gegen das Auge vor und wachsen mit reichlichem Perivasculargewebe zwischen die beschriebene, innerste Schicht der Augenkapsel und das äussere Blatt der secundären Augblase, also das Pigmentepithel, hinein. Hier verbreiten sie sich alsdann rasch nach vorne bis in die Nähe des Augenbecherrandes. Diese Gefässe erhalten sich indessen an dieser Stelle nicht, gehen vielmehr bald wieder zu Grunde. Nur das, gleichsam durch sie hineingebrachte, inzwischen stark vermehrte perivascular Bindegewebe bleibt übrig und bildet eine neue Schicht. In dieselbe wandern bald darauf neue Gefässe ein, und zwar gehen diese von einer Arterie aus, die dorsal in der Nähe des Augenblasenstiels, eine Strecke weit parallel zu dieser verläuft. Es entsteht so eine dem Pigmentepithel unmittelbar anliegende stark blutführende Schicht, die nach Lage und der Art ihrer Vascularisation als *Chorioidea* bezeichnet werden müsste, wenn sie jetzt noch als gesonderte Schicht existieren würde. Das ist jedoch nicht der Fall. Schon unmittelbar nach ihrem Eindringen vom Umkreise des Augenblasenstiels her sind nämlich ihre Bindegewebszüge aufs Innigste mit den Schichten der Augenkapsel verwachsen, ein Zusammenhang, der sich in der kurzen Periode der Gefässlosigkeit nur noch mehr befestigt hat.

Es besteht also nach der Neueinwanderung von Blutgefässen um den Bulbus eine Kapsel, die eine ziemlich lockere, innerste, blutreiche Schicht besitzt; darauf folgt dann nach Aussen eine straffere,

blutlose, und diese geht in eine, gegen aussen immer lockerer und welliger werdende Bindegewebsschicht von schwankender Stärke über, die kleine Gefässe führt und mit den Bindegewebsmassen der Umgebung an zahlreichen Stellen im direkten Zusammenhange steht.

Während der geschilderten Vorgänge ist die Augenkapsel, in diesen Gegenden noch ohne Differenzierung im Innern, distalwärts über die Augbecherränder hinausgewachsen. Ein Theil von ihr dringt nun ins Innere des Augbechers ein und trägt dort zur Anlage des Glaskörpers und in noch höherem Grade des retinalen Stützgewebes bei (cfr. „Glaskörper“ und „Retina“); in der Hauptsache aber wächst sie distalwärts weiter. Die Bindegewebsmassen dringen dabei hauptsächlich in den Winkel hinein, den die in Einsenkung begriffene Linsenblase auf dieser Entwicklungsstufe mit dem Körperepithel bildet, und tragen durch ihr Andrängen jedenfalls in hohem Grade zur Beschleunigung der Abschnürung jenes Organes bei. Nachdem diese erfolgt ist, wachsen sie über den distalen Pol der Linsenblase hin und kommen endlich zur gegenseitigen Vereinigung.

Während dieser Zeit hat nun auch jene vom Umkreise des Augenblasenstieles aus zwischen Augenkapsel und Pigmentepithel eingedrungene bindegewebige Schicht den Augbecherrand nahezu erreicht. Eine Strecke von diesem entfernt, spaltet sie sich in zwei Blätter, von denen das innere den alten Weg fortsetzt, dabei aber von jetzt ab nur sehr langsam Fortschritte macht. Das äussere wächst dagegen in der Richtung auf den distalen Linsenpol weiter. Beide Blätter führen Blut, und zwar gehen die kleinen Gefässe dabei bereits von dem definitiven, chorioidealen System, also einem Theile des sogen. „äusseren Gefässsystems“ aus. Zugleich hat sich, wahrscheinlich durch Verschmelzung einiger Bindegewebsfasern entstanden, von der *Chorioidea* her eine Membran über den distalen Linsenpol ausgespannt: eine *Membrana pupillaris*, die aber ganz frei von Blut ist und augenscheinlich lediglich den Zweck hat, die Linse bis zur Fertigstellung definitiver Befestigungsanlagen an ihrer Stelle zu erhalten. Auffallend mag dabei erscheinen, dass bei dem einen Embryo diese Membran auf der distalen, bei dem andern auf der proximalen Seite des äusseren von jenen beiden Blättern, in welche sich die *Chorioidea* zerspalten hat, ihren Ursprung nimmt, doch möchte ich diesem Umstande keine allzugrosse Wichtigkeit beilegen, da man es ja bei der Membran mit einer ganz vorübergehenden Einrichtung zu thun hat, die, sofort nachdem im Glaskörper anderweitige demselben Zweck dienende Apparate geschaffen worden sind, wieder in Wegfall kommt.

Das äussere Blatt jener Gefässschicht wächst nun allmählich immer mehr nach dem Linsenpole hin und schliesst endlich vor demselben zusammen.

Das ausserhalb der Augenkapsel um den Bulbus gelagerte Bindegewebe hat ebenfalls einige Züge gegen den vor deren Augenpol hingesandt, die zwischen die der Augenkapsel selbst angehörige, vor der Linse ausgebreitete Bindegewebsschicht und das Körperepithel hineinwachsen, den dort bisher vorhandenen Spalt-raum ausfüllen und sich bald, wenigstens im Umkreise des distalen Augenpols, aufs Innigste mit den Bindegewebszügen der Augenkapsel vereinigen. Dadurch entsteht die *Cornea propria*, an welche sich das äussere der aus der Gefässschicht der Augenkapsel abgespaltenen Blätter bald dicht anlegt, ohne jedoch jemals mit ihr zu verschmelzen. Es kommt auf diese Weise die Anlage einer *Membrana Descemetii* zu Stande.

Den conjunctivalen Theil der *Cornea* bildet ausschliesslich das Körperepithel. Das Herandrängen der nach ihrer Herkunft verschiedenen Bindegewebsmassen der *Cornea propria* findet auf einer Entwicklungsstufe statt, auf welcher die Körperbedeckung noch nicht weiter differenziert war, es sich dabei also weder um eine Epidermis, noch vor allem eine *Cutis* handeln konnte. Im Gegensatz zur Lidconjunctiva besitzt somit die corneale nur ectodermale Bestandtheile, man müsste denn jene Bindegewebszüge, die aus

der weiteren Umgebung des Bulbus hereinwachsend, die distalen Lagen der *Cornea propria* bilden, als *Cutis* in Anspruch nehmen, die allerdings niemals eine besondere Differenzirung erlangen würde.

Die ectodermale *Conjunctiva* ist in den meisten Fällen bisher bei ihrer ursprünglichen einschichtigen Anordnung verharret, und stellt lediglich eine *Rete Malpighii* dar, welches, wenigstens in seinen vor der Linse sich hinziehenden Parteen, vorläufig noch nicht den Anfang zur Bildung der äusseren Epidermisschichten gemacht hat. Bei einzelnen Embryonen allerdings hat diese schon kurz nach Abschnürung der Linsenblase begonnen, man hat es also von Anfang an mit einer mehrschichtigen cornealen *Conjunctiva* zu thun, die augenscheinlich dann den einmal gewonnenen Vorsprung auch beibehält und mehr Epidermisschichten hervorbringt, als ein *Rete Malpighii*, das erst später damit angefangen hat. Auf diese Weise entstehen die Hornhäute, die jene, auch in den der Augachse angrenzenden Parteen auffallend stark entwickelte *Conjunctiva* besitzen, auf welche bei Beschreibung des erwachsenen Thieres hingewiesen worden ist.

Die *Cornea propria* nimmt an Stärke zu. Ihre Fasern legen sich immer enger und enger aneinander und bilden gelegentlich breite Bänder mit dazwischenliegenden schmalen Spalträumen. Die Kerne der Gewebzüge werden kleiner und schlanker; zum grossen Theile gehen sie ganz verloren.

Die *Membrana Descemetii*, ursprünglich aus vielen Gewebzügen bestehend, deren zellige und faserige Bestandtheile keine bestimmte Anordnung zeigen, wird allmählich, unter theilweiser Resorption ihrer Elemente, immer schwächer. Die Wände der übriggebliebenen Zellen verschwinden vielfach ebenfalls. Ein Theil der dadurch frei gewordenen Kerne bleibt der Schicht äusserlich anliegen, die andern lösen sich auf. Es entsteht so allmählich die glashelle Haut, wie sie das Auge des erwachsenen Thieres zeigt, die indessen in ihrem Innern immer noch Spuren ihrer früheren faserigen Beschaffenheit und an ihren Flächen, in Gestalt der angelagerten Kerne, auch die Ueberreste ihrer einstigen zelligen Bestandtheile erkennen lässt.

Erst sehr spät im embryonalen Leben beginnt im Iriswinkel eine Verbindung zwischen *Chorioidea* und *Cornea* zustande zu kommen. Es wachsen zu diesem Zwecke zunächst nur wenige, bald aber mehr Bindegewebsfäserchen von der ersteren nach der letzteren hinüber. Dieselben gewinnen einen Zellbelag, und es entsteht so, wie bei Beschreibung des erwachsenen Thieres gezeigt wurde, das *Ligamentum pectinatum*.

Inzwischen hat sich auch der dem Pigmentepithel anliegende Theil der Augenkapsel weiter differenzirt. In erster Linie haben die äusseren Lagen derselben eine immer straffere Anordnung gewonnen, ihren welligen Aufbau immer mehr verloren und sind infolgedessen den früher durch eben diese Lagerung ihrer Fasergänge besonders hervortretenden innersten, mit der Chorioidealanlage verwachsenen Schichten immer ähnlicher geworden. Doch bleiben sie dabei nicht stehen, sie schreiten vielmehr in dieser Richtung noch weiter fort. Ihre Fasern legen sich immer fester aneinander, die Kerne gehen zum Theil verloren, zum Theil werden sie kleiner, gestreckter und nehmen mit der Zeit alle, ohne Ausnahme, eine zur Bulbusfläche tangential Richtung an. Die wellige Anordnung der Faserzüge verschwindet nahezu ganz, und es tritt Neigung zur Bänderbildung ein. Auf diese Weise hat sich das Verhältniss der beiden Theile der äusseren Augkapsel im Laufe der Entwicklung geradezu umgekehrt. Jetzt ist der äussere, weitaus mächtigere Theil der festere, straffer angeordnete, während der, früher durch seine enge Lagerung sich auszeichnende schmale innere ihm gegenüber nun einen verhältnissmässig lockeren Eindruck macht. Infolge seiner festen Verwachsung mit der Chorioidealanlage scheint die innere Kapselpartie nun direkt dieser Schicht anzugehören. Sie bildet sich aber jetzt nach besonderer Richtung hin weiter aus, indem sie durch Bindegewebsfasern, die gelegentlich mit ganz kleinen Kernchen belegt sind, ein System von

Maschen, eine Art Netzwerk, entwickelt, das in den meisten Fällen eine ziemlich starke Pigmentirung gewinnt. Es entsteht so zwischen dem äusseren Theile der Augenkapsel, der Sclera, und der gefässführenden Schicht, der *Chorioidea*, eine Grenzschrift: die *Lamina fusca*. Ob sich in ihren Maschenräumen ein System von Lymphgefässen ausgebildet hat, oder ob im Maulwurfsauge diese Stufe nicht erreicht wird, darüber konnte ich mir nicht Gewissheit verschaffen, doch habe ich keinen Grund, an der Existenz eines solchen Systems zu zweifeln.

An der Innenseite der *Chorioidea* hat sich endlich eine sehr schmale Bindegewebsschicht abgesetzt, die, aus wenigen Fasern mit spärlichen Kernen gebildet, entschieden die Tendenz zeigt, sich zu einer Membran umzubilden. Sie erreicht dieses Ziel jedoch auch in den fortgeschrittensten Augen niemals ganz, bleibt vielmehr mindestens etwa auf derselben Stufe stehen, wie die *Membrana Descemetii*: also derjenigen einer glashellen Haut, die in ihrem Innern noch die Zusammensetzung aus Fasern erkennen lässt, und welcher an ihren Flächen Kernchen angelagert sind. Selten kommt sie indessen auch nur zu diesem Grade der Ausbildung, meist stellt sie eine aus sehr enge gelagerten, streng parallel zu einander und zur Bulbusfläche verlaufenden Fasern zusammengesetzte Gewebsschicht dar, an deren Rändern, besonders am äusseren (proximalen), sich mehr oder weniger Kernchen angelagert finden. Sie nimmt die Enden der zwischen den Pigmentepithelzellen durchgetretenen Müllerschen Fasern der *Retina* in sich auf.

Die *Sclero-Chorioidea* erreicht übrigens keineswegs in allen Fällen die Stufe, die hier als Endresultat der Entwicklung angegeben worden ist. Oft kommt es z. B. vor, dass die äusserste Schicht der Augenkapsel sich nicht so straff anordnet, ihre Wellenzüge vielmehr bis zu einem gewissen Grade beibehält. In diesem Falle wird sie sich gegen die innerste Augenkapsellage nicht in der geschilderten Weise absetzen, vielmehr den Standpunkt, auf welchem diese angekommen ist, eben noch erreichen, und infolgedessen von derselben nicht zu trennen sein. Diese innere Schicht, die ja an ihrer inneren Fläche mit der *Chorioidea* verwachsen ist, bildet zwischen dieser und der *Sclera* dann keine Grenzschrift, sondern eine vermittelnde Uebergangsschrift. Das Auge steht also in dieser Hinsicht auf der Stufe der ältesten Embryonalstadien.

Unter den von mir untersuchten Augen des ausgebildeten Maulwurfs zeigten recht viele das oben geschilderte Verhalten. Ich habe nun aber keinen Grund, zu glauben, dass dieselben alle sehr jungen Thieren angehört haben sollten — geschlechtsreif waren sie ohne Ausnahme. Nichts berechtigt uns also dazu, in einer weiter, als hier fortgeschrittenen Differenzirung der *Sclera* und *Chorioidea*, die ja die Regel bildet, das Resultat einer tief ins freie Leben hineinreichenden postembryonalen Entwicklung zu sehen. Es bleibt zur Erklärung nur ein Weg, nämlich der, anzunehmen, dass in der Entwicklung auch dieser Augtheile zu einer gewissen Zeit — ob kurz vor, während, oder kurz nach der Geburt lässt sich nicht angeben — eine Hemmung eingetreten ist. Da das Tempo der Entwicklung bei den einzelnen Individuen ein verschiedenes war, so hatten die betr. Theile bei Eintritt des kritischen Zeitpunktes eine verschiedene hohe Stufe der Ausbildung erlangt und bleiben auf dieser, geringfügige Modifikationen abgerechnet, nun zeitlebens stehen.

Auf dieselbe Weise mögen sich auch noch andere Erscheinungen erklären lassen, so z. B. die verschiedene Stärke der in Frage kommenden Häute bei den erwachsenen Thieren, oder der verschiedene Grad der Vollendung hinsichtlich der Trennung der *Sclera* von dem umgebenden Bindegewebe, oder die mehr, oder weniger innige Verschmelzung zwischen den nach ihrer Herkunft verschiedenen Arten des Bindegewebes, das die *Cornea propria* zusammensetzt, oder auch die ungleichen Stärkenverhältnisse der cornealen Conjunktiva u. A. m.

Der Glaskörper.

Stadium I (4,5 mm).

Die Glaskörpermasse besteht auf dieser Entwicklungsstufe noch ausschliesslich aus Bindegewebsfasern und -Kernen, die den Augbecherraum zum grössten Teile, wenn nicht vollständig, ausfüllen. (Taf. II. Fig. 20). Sie stehen in direktem Zusammenhang, einerseits mit den bulbusumhüllenden Bindegewebszügen, so vor Allem der bereits beschriebenen distalen Partie der Augenkapsel, und weiterhin mit kleineren Massen von Bindegewebe, welche die Linse bei ihrer Einstülpung vor sich her und in den Hohlraum der secundären Augenblase hinein gedrängt haben mag. Andererseits hängt das Bindegewebe des Glaskörperaumes untrennbar zusammen mit dem Bindegewebe der foetalen Augspalte und schliesslich dem der *Retina*.

Besondere Differenzirungen dieser Bindegewebsmassen lassen sich im Umkreise der Linsenblase erkennen (Taf. II. Fig. 19. Taf. VI. Fig. 69). Es haben sich nämlich rings um diese einzelne Bindegewebszüge angeordnet, die im Grossen und Ganzen tangential zur äusseren Fläche der Linse verlaufen. Weiterhin lässt sich zuweilen eine Abspaltung aus der Augkapsel erkennen, die sich nach der Linsenblase hinzieht und, etwa am Niveau von deren Aequator, in den eben beschriebenen, die Linse umhüllenden Bindegewebszügen aufgeht. Es handelt sich hier augenscheinlich einmal um die erste Andeutung der Linsenkapsel, und zweitens um die Anlage eines Aufhänge- und Fixirungsapparates für die Linse. Ob daraus der definitive Adaptionsapparat hervorgehen wird, oder ob man es nur mit einem provisorischen, embryonalen Organ zu thun hat, muss der weitere Verlauf der Untersuchung zeigen.

Der Glaskörper baut sich also aus bindegewebigen Elementen auf, die auf drei verschiedenen Wegen in das Innere der secundären Augenblase gelangt sind. Einmal nehmen die Bindegewebszüge ihren Eintritt durch die foetale Augenspalte, in zweiter Linie dringen sie durch die distale Oeffnung des Augbechers, soweit dieselbe durch die Linse nicht verschlossen ist, und zwar ebensowohl von der dorsalen, als von der ventralen Seite her, und drittens endlich mag auch das mit der Linse eingestülpte Bindegewebe einen Theil zum Aufbau des *corpus vitreum* beitragen. Ob letzteres wirklich der Fall ist, lässt sich nicht mit Sicherheit konstatieren, da beim vorliegenden Stadium bereits eine Vermengung des durch die foetale Augspalte eingedrungenen Bindegewebes mit dem durch die Linse hineingedrängten stattgefunden hat. Es ist daher ebenso leicht möglich, dass das letztgenannte ausschliesslich zur Bildung der Linsenkapsel verwendet wird, so dass zu einer Vermehrung des Glaskörpergewebes selbst von dieser Seite her kein Material mehr zur Verfügung steht.

Wie dem auch sei, soviel ist sicher, dass das ganze vitreale Bindegewebe, und damit, wie bei Beschreibung der Netzhaut weiter ausgeführt werden wird, auch das retinale von Massen her stammt, welche im nächsten Umkreis des Bulbus gelegen und auf verschiedenen Wegen in dessen Inneres eingedrungen sind.

Stadium II (6,7 mm).

Beim vorliegenden Stadium lassen sich die Massen, Fasern und Kerne, desjenigen Theiles des Glaskörpergewebes, der durch die Augbecheröffnung, soweit dieselbe durch die Linsenanlage nicht verschlossen war, in's Auge eingedrungen ist, von ihrem Eintritt in der Gegend der ventralen Irisanlage an ununterbrochen bis in die retinale Bindegewebsfaserschicht, die ihnen ihren Ursprung verdankt, hinein und noch weiter, wie bei der Betrachtung der Netzhaut gezeigt werden wird, bis zwischen die Sehzellen, also bis zum *Margo limitans externus* verfolgen. (Taf. IV. Fig. 53. Taf. III. Fig. 32.)

Dieses Bindegewebe steht in ununterbrochenem Zusammenhang mit den besonders differenzierten, den Bulbus unmittelbar umgebenden Bindegewebsschichten einerseits, sowie, infolge der gegenseitigen Vermischung, mit den Bindegewebsmassen andererseits, die durch die foetale Augspalte in's Augeninnere eingedrungen sind.

Auch mit dem durch die Linse in's Auge hereingedrängten Bindegewebe besteht eine Verbindung, wenn auch letzteres sich rings um die Linsenblase herum zu einer besonders differenzierten, nicht eben starken Umhüllungsschicht angeordnet hat.

Die beim vorigen Stadium als muthmassliche Anlage eines Aufhängeapparates für die Linse in Anspruch genommenen Gewebszüge, lassen sich jetzt deutlich erkennen.

Stadium III (8,5 mm.)

Der Glaskörper besteht überwiegend aus feinem Protoplasmagerinnsel, zeigt indessen, namentlich in seinen peripherischen Theilen, noch reichliche Faseransammlungen, in welchen sich gelegentlich Kernchen finden: die letzten Reste der Bindegewebsmassen, denen unter anderem auch der Glaskörper seine Entstehung verdankt. Am distalen Rande des Vitreum findet sich eine aus einzelnen Bindegewebszügen gebildete Grenzschrift gegen die Linse hin: augenscheinlich die Anlage einer *Membrana hyaloidea*. Dieselbe lässt sich bis über den Augbecherrand hinüber verfolgen und verschwindet zwischen den Bindegewebszügen, welche dem Iristheile des Pigmentepithels direkt anliegen. (Taf. II. Fig. 22.)

Weiterhin zeigt sich jetzt eine Anzahl feiner, aus den Bindegewebszügen, welche zwischen Augbecherrand und Linse hereingewandert waren, abstammender Fasern, die sich von der *Membrana hyaloidea* nach der Linsenkapsel hin ziehen, mit der sie sich fest vereinigen.

Stadium IV (10 mm).

Der in der Hauptsache aus feinem Gerinnsel bestehende Glaskörper ist von dem des eben beschriebenen Stadiums kaum verschieden. Höchstens ist zu erwähnen, dass die in seinen peripherischen Theilen vorkommenden faserigen Elemente in vielen Fällen noch reichlicher auftreten, vor Allem im Aughintergrund, und dann wieder, auch abgesehen von dem Perivasculärgewebe, in den dem proximalen Linsenpole genäherten Parteen.

Die Anlage der *Membrana hyaloidea* ist oft noch lockerer, als vorhin; sie besteht aus mehr, und entschieden welliger verlaufenden Faserzügen, die auch da und dort kleine Kernchen führen. So verhält sie sich jedoch nur in ihren proximalen Parteen: Je mehr dem Augenbecherrande zu, desto fester und straffer wird ihr Gefüge, und schon etwa im Niveau des Linsenaequators ist sie einer wirklichen Membran sehr ähnlich geworden, nur mit grosser Mühe kann man noch gelegentlich ihren Aufbau aus einzelnen Fibrillen nachweisen. Sie vereinigt sich etwa da, wo der Augbecherrand am nächsten an die Linse herantritt, mit der *Membrana limitans interna*. (Taf. II. Fig. 24.)

Stadium V (11 mm).

Die peripherischen Bindegewebsfasern des sonst ausschliesslich aus feinem Protoplasmagerinnsel bestehenden Glaskörpers sind viel seltener geworden und finden sich nur noch ganz vereinzelt in der Nähe der *Membrana limitans interna* und *Membrana hyaloidea*. (Taf. II. Fig. 25.)

Diese beiden Gewebstheile sind zu vollkommenen Membranen geworden, die an keiner Stelle mehr ihre Abstammung aus Faserzügen erkennen lassen. Sie verschmelzen an der schon für das vorige Stadium bezeichneten Stelle mit einander. Kurz hinter der Vereinigungsstelle, etwas mehr dem Augbecherande zu, geht von der *Limitans interna* eine Anzahl feiner Fäden aus, die ziemlich direkt gegen die Linse hinstreben und sich an deren Kapsel ansetzen. Es ist dies der schon für frühere Stadien konstatierte Aufhängeapparat der Linse.

Stadium VI (13 mm).

Der Glaskörper hat in seinen peripherischen Theilen da und dort noch schwache Spuren seines früheren faserigen Baues bewahrt. Niemals zeigen sich in seinem eigenen Gefüge jedoch mehr Spuren von Kernen.

Die *Membrana hyaloidea* ist stets eine vollkommene Membran; sie ist der Linse sehr genähert. Die Glaskörpergefäße in ihrer Nachbarschaft liegen dicht an ihr, doch ist die Anpressung derselben an die Membran lange nicht so auffallend, wie beim vorigen Stadium. Die Vereinigung der *Membrana hyaloidea* mit der *Membrana limitans interna* vollzieht sich in der geschilderten Weise. Die beiden vereinigten Membranen sind über den Augbecherrand hinaus noch ein Stück weit am inneren Chorioidealrande zu verfolgen. Ein Zusammenhang mit besonders differenzirten Gewebslagen der innersten *Chorioidea* besteht nicht, da ja diese Differenzirung vom Aughintergrunde aus bei diesem, wie den vorhergehenden Stadien niemals weiter, als bis etwa an die proximale Grenze des distalen Augdrittels sich nachweisen lässt.

Hinsichtlich des Aufhängeapparates der Linse ist Alles beim Alten geblieben.

Stadium VII (17 mm) und Stadium VIII (19,7 mm)

zeigen in Bezug auf den Glaskörper nichts Neues. Das Einzige erwähnenswerthe wäre vielleicht der Umstand, dass nunmehr auch die letzten Spuren faseriger Bestandtheile in der Vitrealmasse verschwunden sind.

Stadium IX (22,3 mm).

Es findet sich hier im Glaskörper eine Menge Bindegewebsfasern, -Zellen und -Kerne, doch lässt sich unschwer erkennen, dass diese Theile ausschliesslich als Perivasculärgewebe aufzufassen sind. Der Glaskörpermasse selbst angehörige faserige, oder zellige Elemente fehlen vollständig.

Die *Membrana hyaloidea* vereinigt sich etwa an der proximalen Grenze des distalen Irisdrittels mit der *Membrana limitans interna*. Kurz darauf, dem freien Irisrande etwas näher, geht von der *Membrana limitans interna* gegen die Linse hin eine Anzahl feiner Fäserchen ab, die sich an deren Kapsel längs einer etwas distal vom Linsenaequator gelegenen Zone ansetzen. Die Membran selbst setzt ihren Weg an der inneren Irisfläche hin bis über den freien Irisrand hinüber fort, um dann bald zwischen den innersten Faserzügen der *Chorioidea*, oder vielmehr des von dieser herstammenden, äussersten Irisblattes, zu verschwinden. (Taf. II. Fig. 23.)

Stadium X (27,5 mm).

Keine Spur eigener Fasern oder Zellen in der ziemlich grobkörnigen Glaskörpermasse. Die *Membrana hyaloidea* zeigt keine Veränderung gegenüber dem vorigen Stadium. Der Aufhängeapparat der Linse

beschränkt sich auf wenige, von der vereinigten *Membrana hyaloidea* und *limitans interna* ausgehende und sich an die Linsenkapsel ansetzende Fäserchen.

Stadium XI (32 mm).

Dieses Stadium zeigt gegenüber dem letzten nur insofern eine Verschiedenheit, als der Aufhängeapparat für die Linse sich jetzt aus entschieden zahlreicheren Fasern aufbaut, wenn dabei auch der Standpunkt früherer Stadien meistens nicht wieder erreicht wird.

Das erwachsene Thier.

Beinahe ausnahmslos besteht der Glaskörper jetzt aus ganz feinem, gleichmässig vertheiltem Protoplasmaerinnsel; nur in ganz seltenen Fällen haben sich noch vereinzelt Spuren von Fasern in ihm erhalten, und auch betreffs ihrer ist es kaum möglich, mit Sicherheit anzugeben, ob sie wirklich eigene Bestandtheile des Glaskörpers sind, oder vielleicht Ueberreste von zugrundegegangenen Perivasculärgewebe. Ein faseriges Stütznetz, wie es neuerdings für den Glaskörper des Säugerauges behauptet worden ist, habe ich nicht entdecken können, glaube daher, dass dasselbe, wenigstens im Maulwurfsauge, nicht vorhanden ist.¹⁾

Was die Membranen (Taf. III. Fig. 34) betrifft, welche aus dem Glaskörper, oder besser gesagt, aus denselben Bindegewebsmassen, wie dieser hervorgegangen sind, so zeigen dieselben gegenüber den höchsten Embryonalstadien keine Verschiedenheit.

Nur der distale Endtheil der *Membrana limitans interna*, die man ja in dieser Gegend wegen ihrer Verschmelzung mit der *Membrana hyaloidea* ebenfalls zu den Glaskörpermembranen rechnen darf, zeigt insofern eine Aenderung, als er jetzt nicht mehr bis an den freien Irisrand und darüber hinaus sich erstreckt, sondern an der Stelle, wo die beiden ectodermalen Irisblätter ineinander übergehen, während sich das *chorioideale* über diesen Punkt hinaus nach der Linse hin fortsetzt (cfr. Iris), in die Iris scheinbar hinein und durch sie durchwächst, um auf der Aussenseite zwischen den innersten Zügen der *Chorioidea*, resp., wo eine solche vorhanden, im Gefüge der Zwischenmembran zu verschwinden.

Der Aufhängeapparat für die Linse geht etwas distal von der Stelle, wo *Membr. hyaloidea* und *limitans interna* sich vereinigen, aus der letzteren (oder vielmehr aus dem Verschmelzungsprodukt der beiden) ab und zieht sich in Gestalt zahlreicher feiner Fäserchen nach der Linse, an deren Kapsel er sich in einer Zone, die ungefähr dem Aequator entspricht, ansetzt.

Zusammenfassung.

Auf die Entwicklung des Glaskörpers wurde bei Beschreibung der einzelnen Stadien bereits des Näheren eingegangen, ich kann mich also an dieser Stelle auf einen kurzen Rückblick beschränken.

Der Glaskörper verdankt seine Entstehung Bindegewebsmassen, welche einerseits durch die distale

¹⁾ Dass ein solches Stützgewebe nachgewiesen sein soll, habe ich erst nach Erscheinen des ersten Theiles der vorliegenden Arbeit erfahren. Ehe ich mich also betreffs der dort besprochenen Augen über dasselbe aussprechen kann, ist eine neue Untersuchung erforderlich, über deren Resultat der Schlusstheil dieser Arbeit berichten wird. Bis dahin kann ich die Nichtexistenz einer solchen Stützeinrichtung mit Bestimmtheit nur für den Glaskörper von *Talpa* behaupten.

Augenbecheröffnung, andererseits die foetale Augenspalte ins Augeninnere hineingekommen sind. Diese Massen gehören den Gewebzügen der Augenkapsel an und bleiben mit derselben anfangs noch in direktem Zusammenhang. Ob auch das Bindegewebe, welches durch die sich einsenkende Linsengrube ins Auge hereingeschoben worden ist, zur Vermehrung der vitrealen Substanz beiträgt, erscheint zweifelhaft, eher ist anzunehmen, dass diese Züge ausschliesslich zur Bildung der Linsenkapsel verbraucht, und dabei noch durch Theile des übrigen Glaskörpergewebes vermehrt werden. Das Bindegewebe füllt den ganzen Augenbecherraum aus. Es legt sich dabei dicht an die *Retina* an und wächst in dieselbe hinein. Dann beginnt sich die Anlage einer *Membrana limitans interna* (in der im Abschnitt über die *Retina* geschilderten Weise) durch Verflechtung von Bindegewebsfasern zu bilden, und so grenzt sich eine bindegewebige, innere Retinaschicht, zunächst nicht sehr scharf, von den Gewebsmassen des Glaskörperaumes ab.

Die letzteren zerfallen nun allmählich zu einem unregelmässigen, stellenweise groben, stellenweise feinen Protoplasmagerinnsel. Von einer embryonalen, um die Linse gelegten Gefässhaut, einer tunica vasculosa lentis, die, jedenfalls zum grössten Theile, auf eine Ausbreitung der Arteria centralis zurückzuführen ist, geht nun ein Theil, etwa die distale Hälfte, wieder zu Grunde. Es bildet sich alsdann an der distalen Grenze der vitrealen Gewebsmassen ebenfalls eine besonders differenzierte Lage von Bindegewebsfasern, deren Elemente im Laufe der nächsten Entwicklung immer näher aneinanderrücken und bald zu einer Membran verschmelzen: der *Membrana hyaloidea*, welche den Glaskörper gegen die Linse abschliesst und mit der limitans interna etwa an der Mitte der inneren Irisfläche sich vereinigt.

Aus den Gewebzügen, die in dem Raume zwischen Augenbecherrand und Linse sich finden, geht ein System von Bändern hervor, das sich anfangs ziemlich regellos zwischen *Limitans interna* (der späteren Ciliarkörpergegend) und Linsenkapsel ausspannt, allmählich aber sich insofern regelmässiger anordnet, als die Insertionsstelle an der Linse auf eine im Aequator sich hinziehende Zone beschränkt wird. Man kann dieses Fasersystem immerhin als *Zonula Zinnii* bezeichnen, wenn auch freilich sehr fraglich ist, ob man es im Maulwurfsauge dabei mit einer Adaptionseinrichtung und nicht einfach mit einem Fixirungs- und Aufhängeapparate zu thun hat.

Die Linsenkapsel ist schon vorher zu einer vollkommenen Membran geworden.

Alle zelligen und faserigen Elemente des Glaskörpers schreiten nun im Zerfalle fort und lösen sich gänzlich in ein Protoplasmagerinnsel auf, das, erst grob und fleckig, nach und nach immer feiner und regelmässiger wird. Nur im Umkreise der vitrealen Gefässe bleiben die Zellen und Fasern des Perivaskulär-gewebes erhalten.

Linse.

Stadium I (4,5 mm). Taf. I. Fig. 19. 20.

Die Linse steht auf der Stufe der soeben eingesenkten Blase, bei der gerade die ersten Anfänge der Abschnürung vom Integument zu konstatiren sind. Sie communizirt noch durch eine weite, 0,0254 mm im Durchmesser haltende Oeffnung frei mit der Aussenwelt. Die Höhle, oder, auf diesem Stadium besser gesagt: Grube des Organs hat eine Tiefe von 0,0715, eine Höhe von 0,0487 mm. Die Dicke der Wandung der Linsenblase und zwar nahezu gleichmässig in der ganzen Anlage, sowohl am proximalen Pole, als anderwärts, beträgt: 0,0208 mm, während das Ectoderm in seinen, dorsal und ventral der Linsenanlage

unmittelbar benachbarten Theilen, eine Mächtigkeit von 0,0091 mm zeigt. Wie das Körperintegument, so wird auch die Wandung der Linsenblase durch eine einzige Zellenlage gebildet. Freilich ist hier die schöne, regelmässige Anordnung der Zellen sehr gestört, und es scheint sogar auf den ersten Blick, als ob die Linse eine mehrschichtige Wandung besässe. Dem ist indess nicht so. Ihre Zellen nehmen eine sehr gestreckte Form an; die lange Achse derselben verläuft dabei meist nahezu senkrecht zur Linsenoberfläche. Die Zellen haben im Uebrigen eine sehr unregelmässige Gestalt, bei den einen liegt ihre breiteste Stelle der innern, bei anderen der äusseren Fläche der Linsenblase genähert, noch andere sind in der Mitte am stärksten, haben also spindelförmige Gestalt. Die Kerne liegen nun, wie dies ja meist der Fall, immer in dem breitesten Teile der Zelle, und so kommen dann häufig mehrere (bis zu 3) Kerne hintereinander zu liegen, wodurch die Linsenwandung ein scheinbar mehrschichtiges Bild darbietet.

An der Stelle, wo das Ectoderm in die Linsenblase sich umschlägt, nehmen die Zellen desselben, und ebenso ihre Kerne, auf eine kurze Strecke eine regelmässige langgestreckte Form an, ganz ähnlich, wie das am Augenbecherrande der Fall ist.

Im Grunde der Linsengrube finden sich kleine Anhäufungen feinkörnigen Protoplasma's, in dem zuweilen kernartige Zusammenballungen von gröberer Structur auftreten. Kölliker spricht nun von glatten, oberflächlichen Zellen, welche auf frühen Entwicklungsstufen das Ectoderm bedecken und bei Bildung der Linse auch in die Linsengrube mit hineingezogen werden. Auch an meinen Präparaten zeigte sich dieses Plattenepithel des Ectoderms in nächster Nachbarschaft der Linsenblase noch häufig genug, wenn es auch zum Theil, augenscheinlich durch die Behandlung der Objekte mit Sublimat, Alcohol, Säuren etc. stark gelitten hatte, ja stellenweise zerstört worden war. Die körnige Masse im Grunde der Linsengrube wäre also demnach wohl als ein Produkt des kurz nach Entstehung der Linsengrube eingetretenen Zerfalles jener Plattenzellen aufzufassen.

Stadium II (6,7 mm). Taf. II. Fig. 21.

Die Linse hat sich vom Ectoderm vollständig abgeschnürt und damit die Gestalt einer rundlichen, allseitig geschlossenen Blase erhalten. Ihre Form, die Dicke der Wandung, Ausdehnung der Höhle etc. ist indessen sehr unregelmässig, so dass es schwierig ist, in dieser Hinsicht Maße anzugeben. Immerhin können die nachstehenden als wenigstens annähernd richtige Durchschnittszahlen betrachtet werden. Es hat danach die vordere, distale Linsenwandung eine Dicke von 0,0207, die hintere, proximale, von 0,0318 mm. Für ihre dorsale Wand ergibt sich eine Stärke von 0,0312, für ihre ventrale dagegen von 0,0281 mm. Die Höhle hat, in der Augachse gemessen, eine Tiefe von 0,0511 mm, während ihre Höhe 0,0317 mm beträgt. Die ganze Linsenanlage misst also 0,1036 mm in der Tiefe, bei 0,0910 mm Höhe.

Die Linsenwände werden aus einer einfachen Lage von Zellen gebildet. Dieselben sind sehr schmal und langgezogen, und verlaufen mit ihrer langen Achse stets vollkommen, oder doch nahezu senkrecht zur Oberfläche der Linsenblase. Ihre ebenfalls langgestreckten Kerne liegen fast ausnahmslos in der äusseren, d. h. der der Linsenoberfläche anliegenden Zellhälfte. Ausnahmen von dieser Regel kommen fast nur in der dorsalen Linsenwand vor, wo die Kerne zuweilen in der innern, d. h. dem Hohlraum zugekehrten Hälfte ihrer resp. Zellen sich finden. Da, wo die Kerne in der äusseren Hälfte der Zellen liegen, ordnen sie sich wieder in der Art an, dass sie einmal sich der Zellmitte sehr nähern, dann wieder etwas davon entfernt, und endlich oft auch ganz an dem äusseren Pole der Zellen gelagert haben: die Kerne der Linsenzellen scheinen in Folge dessen in 2—3 Lagen hintereinander angeordnet, wodurch man

dann eine äussere, kernreiche, von einer inneren, kernfreien, oder doch kernarmen Zone der Linsenwand unterscheiden kann.

In der Linsenhöhle findet sich noch eine Masse ziemlich grobkörnigen Protoplasma's mit einzelnen grösseren oder kleineren, kernähnlichen, dunkleren Zusammenballungen.

Stadium III (8,5 mm). Taf. II. Fig. 22.

Nunmehr hat die Linse, vom Ectoderm vollkommen abgetrennt, auch die Form der einfachen Blase, wie sie noch das vorige Stadium zeigte, aufgegeben. Ihr Inneres hat zwar noch einen grossen Hohlraum, doch zeigt jetzt die proximale Wand in der Stärke eine bedeutende Ueberlegenheit über die distale. Letztere hat am vorderen Linsenpol eine Dicke von 0,0195 mm, während erstere, die man unbedenklich schon auf dieser Stufe als Linsenkörper bezeichnen mag, am proximalen Pole eine Mächtigkeit von 0,0455 mm besitzt. Die Linsenhöhle hat, in der Augenachse gemessen, eine grösste Tiefe von 0,0416 mm, während ihre Breite, entsprechend der Höhe der Linse ca. 0,05 mm betragen mag, wenn man von einer solchen bei der überaus unregelmässigen Gestaltung des ganzen Hohlraumes überhaupt sprechen kann.

Die Höhe der Linse selbst kommt auf 0,0949, ihre Tiefe auf 0,1066 mm.

Die distale Linsenwand ist einschichtig und besteht aus den beschriebenen, bald spindelförmigen, bald an dem einen, oder anderen Pole verbreiterten Zellen, deren lange Achse senkrecht zur Oberfläche der Linse gerichtet ist. Die Kerne der Zellen finden sich stets in deren breitestem Theile, also bald in der Mitte, bald einem der Enden genähert, so dass sie in der vorderen Linsenwand eine 2—3fache Lage darstellen.

Etwa in der Gegend des Linsenaequators (dorsal ist die Stelle etwas weiter distalwärts gerückt) beginnt die Auswachsung der Zellen jener einfachen Schicht zu Fasern in der bekannten Weise und es entsteht dadurch die viel stärkere Proximalwand der Linse, der Linsenkörper.

Die Fasern sind noch ziemlich breit und verhältnissmässig kurz. Jede besitzt einen grossen, rundlich-ovalen Kern, dessen lange Achse, entsprechend derjenigen der Faser, in den der Auswachsungsstelle nächstgelegenen, also jüngsten Fasern zunächst die Richtung der Linsenepithelzellen, resp. von deren Kernen, verfolgt, in den weiter entfernten jedoch immer mehr eine zur Augenachse parallele Stellung einzunehmen bestrebt ist. Die Linsenfaser reichen nicht bis zum proximalen Rande der Linse. Dieser wird vielmehr gebildet von den Zellen, welche noch bei dem vorigen Stadium die proximale Wand der Linsenblase dargestellt haben. Diese nehmen an der auf die oben bezeichnete Zone beschränkten Auswachsung keinen Antheil und verharren, in ihrer Gestalt freilich durch die andringenden, proximalen Enden der Fasern vielfach geändert und öfters auch in ihrem Zusammenhang unterbrochen, auf ihrem alten Platze.

Den proximalen Enden der Linsenepithelzellen (d. h. den Zellen der früheren distalen Blasenwand) finden sich noch gelegentlich kleine Kernchen angelagert. Die Linsenhöhle ist grossentheils von unregelmässig angeordnetem protoplasmatischem Gerinnsel mit gelegentlichen, kernartigen Zusammenballungen erfüllt.

Die Linsenanlage wird allseitig von einer feinen bindegewebigen Kapsel umschlossen, der jedoch noch nicht die Bezeichnung einer Membran zukommt, da sie deutlich ihre Zusammensetzung aus feinen Fibrillen erkennen lässt.

Stadium IV (10 mm). Taf. II. Fig. 24.

Die Grösse des Organes hat jetzt gegenüber dem vorigen Stadium bedeutend zugenommen. Die distale Wand besitzt, in der Augachse gemessen, eine Dicke von 0,0273, die proximale eine solche von

0,0442 mm; die Höhle ist 0,0858 mm, das ganze Organ also 0,1537 mm tief. Seine Höhe beträgt 0,1404 mm.

Der Bau und die ganze Form der Linse weist indessen auf eine viel niedrigere Entwicklungsstufe hin, denn sie steht fast auf dem Standpunkte der einfachen Blase, mit grossem centralem Hohlraum. Der Auswachsungsprozess der Zellen in Fasern hat zwar bereits begonnen, ist aber noch wenig vorgeschritten. Eine Stelle, von der aus derselbe vor sich ginge, die also eine Unterscheidung von Linsenepithel und Linsenkörper ermöglichen würde, lässt sich überhaupt nicht bestimmt erkennen. Bald findet der Uebergang etwa im Linsenaequator statt, bald ist er über denselben hinaus ein wenig distalwärts (so besonders dorsal), bald mehr oder weniger proximalwärts verschoben. Die bereits gebildeten Fasern sind noch sehr breit, mit grossen dicken Kernen, und verhältnissmässig kurz. Der Linsenkörper, wenn man hier von einem solchen überhaupt sprechen kann, wird dadurch mehrschichtig, dass die Zellen, welche früher die proximale Linsenwand gebildet hatten und, soweit sie proximal von der jeweiligen Auswachsungsstelle gelegen waren, an der Faserbildung sich nicht betheiligt hatten, noch an ihrer alten Stelle verharret sind. Ihr Zusammenhang ist aber sehr gelockert, und sie sind zuweilen zwischen die proximalen Enden der Fasern hineingedrängt worden. Zuweilen fehlen sie auf verhältnissmässig grossen Abschnitten gänzlich.

Die weite Linsenhöhle (Tiefe 0,0858, Höhe 0,1044 mm) ist noch vollständig erfüllt von dem feinkörnigen protoplasmatischen Gerinnsel, das sich auch auf den früheren Entwicklungsstufen, auf der vorhergehenden indessen entschieden in geringerer Menge, als jetzt, vorgefunden hatte. Es sind darin die kernartigen Zusammenballungen zahlreicher, auch anscheinend noch fester, als früher; ebenso sind die dem Innenrande des Linsenepithels anliegenden zweifellosen Kerne etwas häufiger.

Die Linsenkapsel umschliesst die Linse in ihrem ganzen Umkreise. Sie besteht aus deutlichen, feinen Fibrillenzügen, in denen sich noch da und dort kleine Kernchen finden.

Stadium V (11 mm). Taf. II. Fig. 25.

Auf dieser Entwicklungsstufe zeigt die Linse wieder kleinere Dimensionen. Sie hat eine Gesamttiefe von 0,1247, bei einer Höhe von 0,1196 mm. Das Linsenepithel misst in der Augachse 0,0177 mm; die Linsenhöhle hat ebenda eine grösste Weite von 0,0059 mm, während der Linsenkörper 0,1170 mm dick, resp. tief ist. Die Linsenhöhle zeigt nur noch sehr wenig von dem Gerinnsel, das sie bei früheren Stadien meist gänzlich erfüllt hatte. Die dem Linsenepithel früher innen angelagerten Kernchen sind vollständig verschwunden.

In ihrem Aufbau zeigt die Linse jetzt bedeutende Fortschritte. Das Linsenepithel ist zwar, abgesehen von seiner Stärkenabnahme, im Wesentlichen das alte geblieben; die Faserbildung hat dagegen einen gewaltigen Schritt vorwärts gethan, wie ja schon aus der Dimension des Linsenkörpers hervorgeht. Die Auswachsungsstelle ist sehr deutlich, scharf ausgeprägt; sie findet sich dorsal ungefähr an der proximalen Grenze des distalen Linsendrittels und geht ventral bis etwa auf den Linsenaequator proximalwärts zurück. Die Fasern sind in ihrer Nachbarschaft zunächst noch breiter, mit rundlich-ovalen Kernen. Je weiter davon entfernt, desto mehr strecken und verschmälern sie sich, und ihre Kerne werden entsprechend länger und dünner. Die letzteren zeigen in dem Organ nunmehr die Anordnung zu einer bestimmten, ziemlich strenge eingehaltenen Kernzone, die in einer Breite von durchschnittlich 0,028 mm, die Linse etwa in ihrem Aequator umzieht. Nur ganz selten finden sich, und zwar nur in den dorsalen Linsenpartieen, einzelne Kerne distalwärts über die Zone hinausgeschoben. Etwas häufiger trifft man

ausserhalb der Zone liegende Kerne proximal davon, und es scheint mir, als ob sie, und ebenso die Fasern, denen sie angehören, auf die Zellen der früheren proximalen Blasenwand zurückzuführen wären, die, wie oben gezeigt, durch die von der Auswachsungsstelle aus ihren Ursprung nehmenden Fasern in ihrem Zusammenhang gestört und zwischen die proximalen Faserenden vielfach hineingepresst worden sind. Augenscheinlich sind sie dann theils zu Grunde gegangen, zum grossen Theil aber wohl selbst schliesslich zu Fasern geworden, haben dabei jedoch nur ihre dünnen distalen Enden zwischen die engegelagerten Fasern erster Ordnung, um mich einmal so auszudrücken, hineindrängen können, während ihre stärkere Partie mit dem Kern in der Nähe ihres ursprünglichen Platzes verharret ist.

Jede Linsenfaser besitzt nur einen einzigen Kern. Zelltheilungen kommen im Gebiet des Linsenkörpers, wie an der Auswachsungsstelle, niemals vor; sie sind lediglich auf das Linsenepithel beschränkt.

Die Linsenkapsel ist fast allenthalben zur vollkommenen Membran geworden, nur noch stellenweise, besonders da, wo sie mit anderen Gewebstheilen (dem Aufhängeapparat) in Verbindung tritt, lässt sich ihre Zusammensetzung aus einer Anzahl feiner Fibrillen erkennen. Kerne finden sich niemals mehr weder in der Linsenkapsel, noch derselben unmittelbar angelagert.

Stadium VI (13 mm).

Das Linsenepithel hat jetzt in der Augachse eine Stärke von 0,0169 mm, die Linsenhöhle, ebenda gemessen eine Mächtigkeit von 0,0112 mm. Der Linsenkörper ist 0,0988 mm dick. Die Gesamttiefe der Linse stellt sich demnach auf 0,1269, ihre Höhe beträgt 0,1170 mm.

Das Linsenepithel hat in seinem innern Aufbau keine Aenderung erlitten. Die Auswachsungsstelle seiner Zellen zu Fasern findet sich etwa im Linsenaequator; in den dorsalen Theilen des Organs ist sie etwas distalwärts, in den ventralen proximalwärts verschoben. Die Fasern sind, besonders in den von der Auswachsungsstelle entfernten, älteren Partien sehr lang und schmal geworden, auch ihre Kerne haben sich noch etwas gestreckt. Die schon auf der vorigen Entwicklungsstufe sehr deutliche Kernzone ist noch schärfer ausgeprägt und umschliesst die Linse in der Gestalt eines Bandes, dessen distaler Rand ca. 0,0156 mm vom distalen Pol des Linsenkörpers entfernt ist, während zwischen seinem proximalen Rande und dem proximalen Linsenpole ca. 0,028 mm liegen. Das Band hat eine Breite von etwa 0,0286 mm. Die distale Grenze der Kernzone wird nur ganz selten von einzelnen Kernen überschritten, die proximale etwas häufiger, was ich vor Allem auf Rechnung der Kerne setzen möchte, die den erst nachträglich zu Fasern ausgewachsenen Zellen der frühern, proximalen Linsenblasenwandung angehören.

Die Linsenhöhle birgt ziemlich viel Gerinnsel, doch fehlt in demselben jede Spur von kernähnlichen Zusammenballungen; ebenso sind die der proximalen Linsenepithelfläche früher angelagert gewesenen Kernchen vollständig verschwunden.

Die Linsenkapsel ist vollkommen fertig und stellt eine wirkliche Membran dar.

Stadium VII (17 mm). Taf. II. Fig. 26.

Die Dicke des Linsenepithels stellt sich bei diesem Stadium auf 0,0130 mm. Die Linsenhöhle hat eine Stärke von 0,0101, die des Linsenkörpers beträgt 0,1495 mm. Die Linse ist demnach 0,1726 mm tief. Ihre Höhe ist 0,1560 mm; ihr Volumen stellt sich daher, die Höhle mit eingerechnet, auf 0,0022 cbmm. Die jetzt spaltförmige Linsenhöhle reicht im ventralen Theile der Linse proximalwärts etwa bis zum Linsenaequator, während sie dorsal schon 0,0130 mm vorher aufhört.

Das Linsenepithel ist einschichtig und gleicht in seinem Bau ganz demjenigen der oben geschilderten Stadien. Die Auswachsungsstelle fällt ventral etwa mit dem Aequator des Organs zusammen, während sie dorsal etwas distalwärts verschoben ist, entsprechend der geschilderten Ausdehnung der Höhle. Ueber die Linsenfasern ist nichts Neues anzuführen. Die Kerne derselben sind rundlich-oval. Eine Kernzone existiert, und zwar nimmt dieselbe die proximale Hälfte des distalen Drittels des Linsenkörpers ein. Proximal von derselben findet sich eine ziemlich breite, fast ganz kernfreie Zone; das proximale Drittel des Linsenkörpers birgt dann aber wieder eine Menge von Kernen, die indessen keine Anordnung zu einer Zone erkennen lassen. Zum Theil hat man es dabei jedenfalls mit Kernen zu thun, die in jenen schon oben geschilderten, aus den Zellen der proximalen Linsenblasenwand entstandenen Fasern liegen, zum andern Theil mögen sie Fasern angehören, die im Laufe des Wachstums der Linse aus ihrer ursprünglichen Lage verdrängt worden sind. Es wurden dabei vermutlich bloß die Kerne aus der Kernzone heraus und in mehr proximal gelegene Theile ihrer Fasern hineingepresst, man hätte es also mit einer durch nachbarlichen Druck gewaltsam herbeigeführten Umlagerung der Zellkerne zu thun. Da die Linsenfaser und ihr Kern ohnehin ein im Absterben begriffenes Gebilde darstellen, so würden ja wohl die schädlichen Folgen, welche sonst ein derartiger gewaltsamer Eingriff in die Lagerungsverhältnisse im Innern einer Zelle unbedingt haben müsste, nicht gerade schwerwiegend sein. Die Linsenfasern sind etwas zahlreicher und wohl auch etwas schmaler geworden, als beim vorigen Stadium.

Die Linsenhöhle zeigt Spuren von ganz feinem Gerinnsel. Es scheint mir übrigens fraglich, ob dasselbe mit dem auf früheren Entwicklungsstufen anzutreffenden Protoplasmagerinnsel, das auf Zerfall von Ectodermzellen zurückzuführen war, identisch ist. Ich glaube eher, dass man es dabei mit einer nach dem Tode des Thieres ausgeschiedenen Flüssigkeit zu thun hat, die durch die Einwirkung der Conservirungs- Härtungs- etc. Reagenzien das gerinnselartige Aussehen erhalten hat. Es dürfte sich also um einen *Liquor Morgagni* handeln, wie er sich in ganz ähnlicher Form gelegentlich auch anderwärts, so z. B. zwischen der Linse und ihrer etwas abgehobenen Kapsel am proximalen Pole findet.

Die Linsenkapsel ist eine vollkommene Membran.

Stadium VIII (19,7 mm).

Das Linsenepithel ist nunmehr 0,0182 mm dick, die Linsenhöhle besitzt eine Stärke von 0,0072 mm. Der Linsenkörper hat eine Mächtigkeit von 0,1551 mm. Die ganze Linse zeigt demnach 0,1805 mm Tiefe. Ihre Höhe stellt sich ebenfalls auf 0,1805 mm. Als Linsenvolumen ergeben sich somit 0,0031 cbmm.

Das einschichtige Linsenepithel zeigt in seinem Baue auch hier nichts Neues. Seine Auswachsungsstelle zu Linsenfasern hat sich erheblich proximalwärts verschoben: sie findet sich jetzt im ventralen Theile etwa an der distalen Grenze des proximalen Linsendrittels, während sie dorsal sogar bis zur distalen Grenze des proximalen Linsenviertels zurückgeschoben ist. Die Linsenfasern sind, was ihre Breite betrifft, wohl so ziemlich auf der vorigen Stufe stehen geblieben; ihre Kerne dagegen erscheinen, auch abgesehen von den der Auswachsungsstelle unmittelbar benachbarten, auffallenderweise erheblich rundlicher. Es hat sich jetzt wieder eine ziemlich strenge durchgeführte Kernzone gebildet, deren proximaler Rand etwa durch die Mitte des Linsenkörpers hinzieht, während der distale, weniger glatt verlaufende, immer wenigstens 0,0156 mm vom distalen Rande des Linsenkörpers entfernt bleibt. Proximal von der Kernzone treten aber auch wieder Ansammlungen von Kernen auf, die vom hinteren Linsenpol sich

stets etwas entfernt halten und auch der Auswachsungsstelle niemals mehr, als bis auf 0,0130 mm nahe kommen. Zur Erklärung dieser Erscheinung verweise ich auf das für's vorige Stadium Gesagte. Das feine Gerinnsel der Linsenhöhle ist ebenfalls vorhanden, sogar noch etwas reichlicher, als zuvor. Sonst zeigt sich an der Linse nichts Neues.

Stadium IX (22,3 mm). Taf. II Fig. 23.

Das Linsenepithel hat in der Augachse eine Dicke von 0,0130 mm. Die Linsenhöhle ist bis auf einen unmessbar schmalen Spalt zurückgegangen, der aber immer noch deutlich wahrnehmbar ist. Der Linsenkörper hat eine Mächtigkeit von 0,2015 mm. Die Linse ist demnach 0,2145 mm tief. Ihre Höhe beträgt 0,1910 mm, und es stellt sich somit das Linsenvolumen auf 0,0041 cbmm.

Die Auswachsungsstelle des Linsenepithels liegt im Umkreise der Linse in einer Zone, die ventral etwa mit der distalen Grenze des proximalen Linsendrittels zusammenfällt, dorsal ein wenig distalwärts verschoben ist.

Das Linsenepithel ist einschichtig. Die Kerne seiner Zellen liegen jetzt mehr neben einander; es kommt zwar auch noch vor, dass gelegentlich der eine dem proximalen, der benachbarte dem distalen Ende seiner Zelle genähert ist, u. s. f., sie also zwei Kernreihen bilden (denen aber keineswegs 2 Zellreihen entsprechen), doch tritt diese Erscheinung hier viel seltener auf und hat auch immer eine viel geringere Ausdehnung, als früher, wo das ganze Linsenepithel sich grösstentheils aus drei, ja vier — scheinbaren — Zellenlagen mit ebenso vielen — thatsächlich vorhandenen — Kernschichten aufbaute.

Ueber die Art der Auswachsung und den Ort, wo sie stattfindet, ist nichts Neues vorzubringen.

Die Linsenfasern sind im Allgemeinen etwas schmaler und länger geworden. Ihr Kerntheil ist aber noch immer ziemlich breit, entsprechend den grossen rundlich-ovalen Kernen, von denen jede Linsenfaser einen in sich schliesst.

Eine Kernzone existiert, wenn man unter diesem Namen einen sehr kernreichen Complex verstehen darf, dem ein, zwar kernarmer, aber keineswegs kernloser Theil gegenüber steht. Eine solche Kernzone bildet die gesammte distale Hälfte des Linsenkörpers. In der proximalen finden sich Kerne fast nur in den der Auswachsungsstelle benachbarten peripherischen Theilen der Linse. Die centralen Theile des Organs, sowie der proximale Linsenpol, sind fast ganz kernfrei. Die Kerne jener peripherischen Schichten gehören aber nur zum allerkleinsten Theile den in Auswachsung begriffenen Epithelzellen, also den jüngsten Linsenfasern, an. Sie stammen vielmehr augenscheinlich einerseits von den Zellen der früheren proximalen Linsenblasenwand her, andererseits gehören sie fertigen Fasern an, die zwischen denjenigen liegen, deren Kerne die Hauptkernzone bilden. Sie sind aber, wie ebenfalls schon für's letzte Stadium gezeigt wurde, aus jener hinaus und in proximalere Theile ihrer Fasern gedrängt worden. Warum freilich diese Erscheinung nicht auch in den centralen Partien der proximalen Linsenhälfte sich zeigt, wie dies früher ja der Fall war, vermag ich nicht anzugeben.

Stadium X (27,5 mm). Taf. III. Fig. 27.

Die Stärke des Linsenepithels in der Augenachse beträgt 0,0096 mm. Die Höhle repräsentirt ein ganz schmaler Spalt, wenn derselbe auch hier eine Idee breiter ist, als beim letzten Stadium. Der Linsenkörper ist 0,2120 mm tief. Die Gesammtlinse hat somit eine Tiefe von 0,2216 mm; da nun ihre Höhe sich auf 0,2422 mm beläuft, so beträgt das Linsenvolumen 0,0062 cbmm.

Die Zellen des Linsenepithels sind, mit Ausnahme der direkt an der Auswachsungsstelle

gelegenen, etwa cubisch, mit leichter Annäherung an Cylinderform. Ihre kugeligen Kerne sind zu einer einfachen Lage angeordnet. Sie liegen meist nicht in der Mitte ihrer Zelle, sondern sind deren proximaler d. h. der dem Linsenkörper zugekehrten Wand mehr genähert. Die Stelle der Auswachsung in Fasern fällt im Umkreis der ganzen Linse mit der Distalgrenze ihres proximalen Drittels zusammen.

Die Linsenfasern haben sich gegen früher ziemlich vermehrt und sind noch schlanker geworden. Eine Kernzone existirt nicht, man kann höchstens einen kernfreien, oder doch sehr kernarmen Bezirk, der die centralen und proximalen Particen der Linse begreift, von den übrigen Theilen unterscheiden, in welchen sich die Kerne der Fasern allenthalben, ganz ohne erkennbare Anordnung finden.

Es scheinen also auch hier wieder viele Kerne, die eigentlich in dem vorderen Drittel der Linse liegen müssten, in die proximalen Theile ihrer resp. Fasern hineingedrängt, und andererseits am Bau des Linsenkörpers nicht allein Fasern betheiligt zu sein, die von der Auswachsungsstelle her ihren Ursprung genommen haben, sondern auch solche, die auf die Elemente der proximalen Wandung der alten Linsenblase zurückzuführen sind. Letzteren sind ohne Zweifel diejenigen in den peripherischen Partieen der proximalen Linsenhälfte sich findenden Fasern, wenigstens zum Theile, zuzurechnen, welche mit ihren distalen Enden die distale Begrenzungsfläche des Linsenkörpers nicht erreichen.

Ueber die Linsenkapsel ist nichts Neues zu sagen.

Stadium XI (32 mm). Taf. III. Fig. 28.

Die Dicke des Linsenepithels am distalen Pole beträgt 0,0143 mm. Die verhältnissmässig bedeutende Höhle misst in der Augenachse jetzt wieder 0,013 mm. Der Linsenkörper ist 0,1947 mm tief. Die ganze Linse besitzt also eine Tiefe von 0,222 mm; ihre Höhe stellt sich auf 0,2018 mm, das Volumen auf 0,0047 cbmm.

Die Zellen des Linsenepithels in seinen von der Auswachsungsstelle entfernten Theilen sind dick-plattenförmig. Ihre rundlich-ovalen Kerne, deren lange Achse tangential zur Oberfläche der Linse verläuft, liegen stets so ziemlich in der Mitte ihrer Zellen. Die Auswachsungsstelle findet sich dorsal im Aequator der Linse, ventral ist sie bis zur distalen Grenze des proximalen Linsenviertels verschoben. Eine Kernzone ist insofern vorhanden, als die Kerne der Linsenfasern auf die distale Hälfte der Linse beschränkt sind, mit Ausnahme ganz weniger, die in nächster Nähe der Auswachsungsstelle, hauptsächlich in der dorsalen, aber auch in der ventralen Linse angetroffen werden.

Die Linsenfasern sind viel breiter, als bei den letzten Stadien und damit, da die ganze Linse jetzt ja entschieden kleiner ist, als früher, auch weniger zahlreich. Besonders die distalen Faserenden zeigen sehr häufig eine weitgehende, zellartige Auftreibung ihres den Kern begrenzenden Theiles. Stets lässt sich jedoch die Faser bis zum hinteren Linsenrande proximalwärts verfolgen, der Linsenkörper ist also keineswegs etwa aus Zellen und Fasern gebildet, sondern, wie bemerkt, ausschliesslich aus Fasern, die aber meist am distalen Ende, oft aber auch in der Mitte ihres Vorlaufes, eine starke Erweiterung ihres Kerntheiles besitzen. Es kommen indessen auch Linsen vor, deren Fasern sehr schmal und enge gelagert sind. Die Kerne sind dann stets schmal-spindelförmig und halten sich vorwiegend in der distalen Hälfte des Linsenkörpers. Der Kerntheil der Fasern erscheint stets nur wenig aufgetrieben.

Die Fasern, welche der früheren proximalen Blasenwand ihren Ursprung verdanken, sind in der für frühere Stadien geschilderten Art deutlich zu konstatieren. Spuren von einer Umlagerung von Kernen resp. Fasern fehlen dagegen vollständig.

Das erwachsene Thier.

Wie schwankend hier die Maßverhältnisse sind, mag folgende Tabelle zeigen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Bulbustiefe mm . .	1,0350	0,9741	0,8620	0,8620	0,8361	0,7586	0,9652
Bulbusvolum cbmm .	0,4434	0,4098	0,3454	0,3354	0,3150	0,2980	0,2841
Linsenepithel in Aug- achse mm . . .	0,0156	0,0091	0,0141	0,0130	0,0143	0,0212	0,0088
Linsentiefe mm . .	0,3595	0,3103	0,3448	0,3019	0,3448	0,2654	0,3275
Linsenhöhe mm . .	0,4417	0,3621	0,4137	0,3575	0,3965	0,4240	0,3965
Linsenvolum cbmm .	0,0298	0,0182	0,0257	0,0170	0,0247	0,0156	0,0222
Verh. von Linsentiefe zu Bulbustiefe . .	1 : 2,87	1 : 3,13	1 : 2,5	1 : 2,85	1 : 2,42	1 : 2,85	1 : 2,94
Verh. von Linsenvolum zu Bulbusvolum .	1 : 14,8	1 : 22,5	1 : 13	1 : 19,7	1 : 12,7	1 : 19,1	1 : 12,8
Verh. von Linsentiefe zu Linsenhöhe . .	1 : 1,22	1 : 1,16	1 : 1,19	1 : 1,18	1 : 1,15	1 : 1,59	1 : 1,21
Verh. v. Linsenepithel in Augaxe zu Linsen- tiefe	1 : 23,04	1 : 34,09	1 : 24,45	1 : 23,22	1 : 24,11	1 : 12,51	1 : 37,21

Wie man sieht, ist von einem constanten Verhältniss in keiner Beziehung die Rede.

Besonders schwankt die Form der Linse ganz bedeutend. Eine Gestalt, wie sie Hess¹⁾ abbildet, ist mir niemals vorgekommen. Sie ist im Allgemeinen stets viel dicker, der Kugel mehr genähert. Hess giebt zwar keine Masse an, die von ihm gezeichnete Linse zeigt aber etwa das Verhältniss: Tiefe zu Höhe = 1 : 1,8. Es ist ja nun nicht ausgeschlossen, dass gelegentlich auch einmal eine Linse diese Form besitzt, dann ist dies aber jedenfalls eine grosse Ausnahme. Von den zahlreichen Linsen, die ich gemessen habe, zeigt nur eine einzige ein ähnliches Verhältniss, nemlich 1 : 1,59, meist aber nähern sich die beiden Achsen einander ganz erheblich, und es kommt sogar das in der Tabelle sub V angegebene Verhältniss 1 : 1,15 gar nicht so selten, jedenfalls häufiger vor, als das von 1 : 1,59.

In den meisten Fällen ist der Krümmungsradius der vorderen Fläche ein anderer, als der der hinteren, und zwar ist ersterer fast immer der kleinere, doch kommt auch gelegentlich der umgekehrte

¹⁾ A. a. O.

Fall vor. Zuweilen tritt eine ganz bedeutende Vorwölbung der distalen Fläche (wie schon von Ciaccio beschrieben) auf, und zwar an Exemplaren, die sehr sorgfältig conservirt waren, in denen die erwähnte Erscheinung also unmöglich als Kunstprodukt aufgefasst werden kann.

Auch eine Eindrückung des Organs, etwas distal von seinem Aequator, lässt sich nicht selten constatiren. Sie war zwar augenscheinlich niemals, wie Ciaccio annimmt, durch Anpressung der Ciliarfortsätze, sondern vielmehr durch Druck der Iris selbst hervorgerufen. Es kommt dabei vor, dass diese Erscheinung auf einen Theil der Linse beschränkt ist, also z. B. dorsal auftritt, während ventral jede Spur davon fehlen kann.

Auch in der Linse des erwachsenen Thieres ist immer mit grosser Deutlichkeit ein Linsenepithel zu unterscheiden, dessen Dicke aber, wie die Tabelle zeigt, sehr verschieden ist. Seine Zellen haben in den Gegenden der distalen Linsenfläche plattenförmige oder cubische, zuweilen sogar cylindrische Gestalt; die Kerne sind stets kugelig und liegen in den Fällen, wo das Linsenepithel dünn ist, seine Elemente also plattenförmig oder cubisch sind, in ihrer Mitte, bei den Cylinderzellen in dem dem Linsenkörper zugekehrten Drittel. Eine Auswachsungsstelle der Zellen zu Fasern ist ebenfalls stets vorhanden, doch ist ihre Lage sehr schwankend. Stets findet sie sich proximal vom Linsenaequator, wie weit sie sich aber von diesem entfernt, ist wohl für jede Linse wieder anders. Zuweilen hält sie sich in der distalen Grenze des proximalen Linsendrittels, ein anderes Mal nähert sie sich dem Proximalpole mehr, dann findet sie sich wieder ganz nahe beim Aequator. Bald liegt die Auswachsungsstelle im ganzen Umkreise der Linse gleichweit von Pol entfernt, dann verschiebt sie sich wieder dorsal weiter proximalwärts, als ventral und umgekehrt. Man sieht also: auch hierin wieder von einer nur annähernden Regelmässigkeit keine Spur!

Von einer Linsenhöhle findet sich in den meisten Fällen noch ein Ueberrest in Form einer, freilich ungemein feinen, Spalte zwischen Körper und Epithel; gelegentlich ist sie aber auch vollständig verschwunden und das Linsenepithel liegt dann dem Linsenkörper dicht an. Zuweilen scheint die Flächenvermehrung des Epithels mit dem Wachsthum des Linsenkörpers nicht gleichen Schritt zu halten, vielmehr dahinter etwas zurückgeblieben zu sein; die Zellen, resp. distalen Faserenden des Körpers drängen sich dann an das Epithel an und geben seinen Zellen häufig dadurch eine andere Form: dieselben werden an den betreffenden Stellen noch dünner, und erhalten oft an ihrer proximalen Fläche eine Eindrückung.

Ganz selten ist übrigens auch eine verhältnissmässig bedeutende Linsenhöhle erhalten geblieben. So maass z. B. bei einem Exemplar von 0,7586 mm Augachsenlänge, das eine Linsentiefe von 0,2654 mm besass, der Rest der Höhle im Scheitel 0,0424 mm. Das Verhältniss zwischen Linsentiefe und Stärke der Höhle kam also auf 1:6,26.

Was den feineren Bau des Organs betrifft, so herrscht auch in dieser Beziehung die grösste Mannigfaltigkeit. Es kommen Linsen vor, die fast ausschliesslich aus Zellen sich aufbauen; nur in nächster Nachbarschaft der Auswachsungsstelle liegen dann einzelne deutliche, jedoch ebenfalls ziemlich breite, Fasern. Sonst besteht die ganze Linse aus grossen Zellen mit kugeligen Kernen. Fortsätze lassen sich an denselben sehr häufig constatiren, doch sind dieselben in allen Fällen nur ganz kurz. Stets sind sie proximalwärts gerichtet; eine Linsenzelle sendet dabei meist nur einen einzigen ab, doch kommen von dieser Regel entschieden auch Ausnahmen vor, indem gelegentlich eine Zelle mehrere, (bis zu 4) Fortsätze entwickelt. Eine Kernzone existirt in den so gebauten Linsen naturgemäss nicht,

höchstens kann man die Gegend in der Nähe der Auswachsungsstelle, wo ja Fasern vorkommen, als relativ kernarm bezeichnen; sonst sind die Kerne ganz gleichmässig durch die Linse verstreut.

Weitaus die Mehrzahl der Linsen zeigt jedoch einen Aufbau aus Faserzellen, wenn man diese Bezeichnung auf Zellen anwenden darf, die in ihrem Bestreben, sich zu Fasern umzubilden, schon ziemlich weit fortgeschritten sind. Dieselben haben dann eine sehr unregelmässige Breite. Das eine Gemeinsame lässt sich erkennen, dass die Faserzelle in ihrem den Kern bergenden Theile stets ihre grösste Stärke aufweist, wo aber diese Stelle liegt, ob am distalen, oder proximalen Ende der Faserzelle, oder in ihrer Mitte, darin lässt sich absolut keine Gesetzmässigkeit erkennen. Eine Kernzone existirt demgemäss niemals. Man kann zwar immer kernreiche und kernarme Stellen unterscheiden: die letzteren finden sich aber bei der einen Linse im Centrum, bei der andern am proximalen Rande, bei wieder andern in der Nachbarschaft der Auswachsungsstelle, niemals jedoch in der Nähe des distalen Randes. Eine Linse, wie sie Kadyi abbildet, mit schön durchgeführter Kernzone an der vorderen Linsenfläche und lediglich aus Fasern, hier ohne Kerne, gebildeten proximalen Partien kommt niemals, auch nur annähernd in solcher Regelmässigkeit, vor. Man kann im Gegentheil behaupten, dass es ein gemeinsames Merkmal aller in der Hauptsache aus Faserzellen aufgebauten Maulwurflinsen ist, dass am proximalen Rande, bald nahe dem Pole, bald mehr der Auswachsungsstelle genähert, immer eine Anzahl von Faserzellen sich finden, die noch nicht so weit gestreckt sind, dass sie die vordere Linsenfläche hätten erreichen können, deren Kerne sich also in Nähe des hinteren, proximalen Linsenrandes gehalten haben. In diesen Faserzellen liessen sich, freilich ganz selten, in Theilung begriffene Kerne nachweisen.

Gespaltene Fasern, also solche, die von einem Kerntheile aus mehrere Ausläufer nach hinten senden würden, deren Vorkommen man in Rücksicht auf die bei Linsen anderer Exemplare auftretenden Zellen mit mehreren Ausläufern vermuthen könnte, finden sich niemals.

Bei einzelnen Linsen ist die Auswachsung der Zellen schon sehr weit gediehen. Die Fasern sind dann sehr schmal und grösstentheils durch die ganze Dicke der Linse zu verfolgen. Die Kerne sind ziemlich gestreckt, etwa spindelförmig, während sie sonst rundlich-oval, in den aus noch wenig veränderten Zellen gebildeten Linsen sogar vielfach kugelig sind.

In den meisten Fällen liegen die Elemente der Linse dicht aneinander. Nur da, wo sich das Organ vorwiegend aus Zellen aufbaut, sind diese etwas weniger gedrängt: Es finden sich häufig kleine, spaltförmige Räume zwischen ihnen, die indessen augenscheinlich das Resultat von Schrumpfungen sind, welche die Conservirungs-, -Härtungs etc. Flüssigkeiten herbeigeführt haben. Auf dieselbe Ursache mag das zuweilen auftretende unregelmässig gezackte Aussehen der Oberfläche der Linsenzellen zurückzuführen sein. In den Fällen, wo sich die Linse vorherrschend aus Fasern aufbaut, also die Reagenzien jedenfalls in weniger hohem Grade abändernd einwirken konnten, findet sich davon niemals eine Spur: die Oberfläche der Fasern ist vielmehr dann stets vollkommen glatt.

Zwischen Linsenkapsel und Linse zeigt sich sehr oft, besonders am proximalen Pole, wo erstere von letzterer häufig etwas abgehoben ist, ein sehr feines Gerinnsel: es scheint mir dies von einem, ja auch schon für einige Embryonalstadien constatirten, necrotischen Produkte, einer durch die Reagenzien zu einer feinkörnigen Masse zersetzten Flüssigkeit herzurühren, die nach dem Tode

des Thieres aus der Linse ausgetreten ist und sich hier angesammelt hat; es dürfte sich also dabei um einen *liquor Morgagni* handeln.

Z u s a m m e n f a s s u n g.

Die erste Anlage der Linse entsteht durch Einsenkung des über die primäre Augenblase sich hinziehenden Körperepithels, welches an dieser Stelle und zu dieser Zeit meistens, wenn auch nicht immer, in Folge Auflagerung einer äusseren Schicht plattenförmiger Epitrichialzellen seine ursprüngliche Anordnung in eine einfache Lage bereits verloren hat. Ob mit dieser Einsenkung die Bildung der secundären Augenblase in ursächlichem Zusammenhang steht, ob also die primäre Augenblase durch die sich bildende Linsenanlage zur secundären eingedrückt wird, oder ob beide Vorgänge lediglich gleichzeitige sind, vermag ich hier nicht zu entscheiden, da ich für diese frühesten Entwicklungsstufen des Maulwurfsauges kein Material habe erlangen können.

Die Linsengrube senkt sich immer mehr in die Tiefe, communiziert jedoch zunächst noch durch eine weite Oeffnung ungehindert mit der Aussenwelt. Die Zellen der äusseren Schicht des ectodermalen Körperepithels, die Epitrichialzellen, verlieren in der Linsengrube ihren Zusammenhang und verfallen der Auflösung, die aber nur langsam vor sich geht. Die Grube wird nun durch Verengung der Oeffnung allmählich zur geschlossenen Blase, die sich endlich vom Ectoderm abschnürt und von diesem durch sich sofort dazwischenschiebende Bindegewebsmassen getrennt wird. Die nunmehr selbständige Linsenblase besitzt noch immer eine einschichtige Wandung, doch haben sich ihre Zellen bedeutend in die Länge gezogen. Die Kerne liegen bald an dem einen, bald andern Zellpole, oder auch in der Mitte, so dass in der Wand der Linsenblase 2—3 hintereinandergelegene Kernlagen sich bilden. Im Innern der Linsenblase findet sich protoplasmatisches Gerinnsel mit einzelnen Kernchen, Reste der Zellen des Epitrichiums, die immer mehr zerfallen und schliesslich verschwinden. Es beginnt dann die Bildung von Linsenfasern; d. h. an einer bestimmten Stelle der Blasenwand, die anfangs wenig proximal vom Linsenaequator gelegen ist, beginnen die Zellen allmählich sich zu verlängern und auf diese Weise in den Hohlraum der Blase, die Linsenhöhle, hinein zu dringen. Mit dem ersten Auftreten dieser Erscheinung vollzieht sich eine Trennung der Linsenblase in 2 Theile: das Linsenepithel, d. h. den distal von jener Auswachsungsstelle gelegenen Theil der Linsenblasenwand, und den Linsenkörper, nemlich den in Auswachsung begriffenen Complex werdender Fasern.

Die Zellen des Linsenepithels erfahren in ihren von der Auswachsungsstelle etwas entfernteren Partien, eine rasche Vermehrung; in Folge dessen werden die neu entstandenen Fasern immer weiter ins Innere der Blase gedrängt, so dass sie, da die Fasernbildung von jener Stelle aus immer weiter geht, nach und nach die ganze Linsenhöhle ausfüllen. Sie wachsen dabei, unter gleichzeitiger Abnahme ihrer Dicke, stark in die Länge, und zwar anfangs nach beiden Polen gleichmässig, so dass also ihr Kern in der Mitte bleibt. Ihre proximalen Enden erreichen bald den proximal von der Auswachsungsstelle sich hinziehenden Rest der Linsenblasenwandung und dringen in die Zwischenräume zwischen den Zellen ein. Diese werden dadurch in ihrem Zusammenhange gestört und verlieren sehr rasch die Anordnung zu einer regelrechten Lage, finden sich vielmehr da und dort zwischen die proximalen Enden der Fasern eingeschoben. Sie entwickeln sich dann auch ihrerseits zu solchen, doch geht diese Entwicklung nur sehr langsam von Statten; eine Anzahl von ihnen behält indessen die zellige Form, wenigstens annähernd, bei. Während sonst die Neubildung von Linsenelementen lediglich vom Linsenepithel

besorgt wird, scheinen diese Zellen der früheren proximalen Blasenwand sich ebenfalls selbst zu vermehren, man trifft wenigstens in ihnen gelegentlich Kerne, die in Theilung begriffen sind.

Das Linsenepithel wird immer dünner. Stets ist und bleibt es einschichtig. Seine Kerne, die in der Wandung der Linsenblase anfangs 3 Lagen hinter einander gebildet hatten, ordnen sich bald zu zwei, schliesslich zu einer einzigen Schicht an; ihre anfängliche Spindelform weicht der rundlich-ovalen und schliesslich der Kugelgestalt.

Im Verlaufe des weiteren Wachsthum der Fasern, das nunmehr in der Hauptsache in distaler Richtung vor sich geht, da ja die proximale Linsenwand bereits erreicht ist, zeigen die Kerne entschieden das Bestreben, sich in der Nähe des distalen Zellpoles zu halten. Es entsteht so auf einzelnen Entwicklungsstufen eine, freilich niemals strenge durchgeführte, Kernzone nahe dem distalen Rande des Linsenkörpers. Dieselbe wird jedoch bald wieder zerstört. Einerseits haben sich nemlich auch die aus den Zellen der proximalen Linsenblasenwand abstammenden Fasern ziemlich stark vermehrt, in Folge ihres viel langsameren Längenwachsthums sind sie jedoch erst wenig weit gegen den distalen Linsenpol hin vorgedrungen, ihre Kerne halten sich daher stets im proximalen Drittel des Linsenkörpers, bleiben also proximal von der Zone, in der die Kerne der von der Auswuchsungsstelle ausgehenden Elemente liegen. Andererseits werden in Folge der fortgesetzten, sehr umfangreichen Neubildung von Fasern an der Auswuchsungsstelle diese immer enger aneinander gedrängt. Der Kerntheil der neueren Fasern wird sich in Folge dessen nicht immer in die Gegend des distalen Körperrandes vorzuschieben vermögen, der Kern kann daher nicht mehr in die Kernzone eintreten. Aber auch von den schon dort liegenden Kernen scheinen viele wieder zurückzuwandern und zwar augenscheinlich ebenfalls in Folge der engen Lagerung der Linsenelemente: der Kern wird dadurch aus dem Theile der Faser, der ihrem distalen Pole genähert ist, heraus und in einen mehr proximal gelegenen Abschnitt derselben hineingedrängt.

Es scheint nur in Bezug auf die Faserbildung in der Linse keine ganz gleichmässig ununterbrochene Weiterentwicklung stattzufinden, sondern es dürften auch hier Perioden regeren Wachsthums, also gesteigerter Zellenvermehrung, mit Perioden verhältnissmässiger Ruhe abwechseln. In solchen Ruhepausen werden die vorhandenen Fasern in Folge der Zellenvermehrung im Linsenepithel und der dadurch bedingten Grössenzunahme der ganzen Anlage vorübergehend wieder mehr Raum bekommen, also nicht mehr so enge gepresst liegen; der Kern wird dann wieder im Stande sein, in den distalen Abschnitt seiner Faser zu treten, und es wird so wieder eine Kernzone entstehen können, bis die abermals eingesetzte starke Neubildung von Fasern, und die dadurch hervorgerufene engere Lagerung und erhöhte gegenseitige Pressung derselben jene Anordnung wieder zerstört.

Die Linsenfasern werden immer länger und erreichen schliesslich, unter fast vollständiger Verdrängung der Linsenhöhle, nahezu das Linsenepithel.

Dies ist, in grossen Zügen geschildert, die Entwicklung der Maulwurfslinse. Es kommen dabei, wie im Auge dieses Thieres ja allenthalben, oft recht erhebliche Schwankungen vor, indem die Linse eines, wenn man die Körperlänge als Ausdruck des Alters annimmt, jüngeren Thieres eine höhere Ausbildung zeigen kann, als die eines älteren. Es scheint hieraus hervorzugehen, dass die Entwicklung der Linse keineswegs bei jedem Individuum im selben Tempo vor sich zu gehen braucht. Beim einen bildet sich dieselbe schneller aus, beim andern vollzieht sich der Prozess langsamer. Immer jedoch besitzt die embryonale Linse, sobald jene Auswuchsungsstelle aufgetreten ist, die Anlage von Fasern.

Linsen, die nur aus Zellen bestehen würden, kommen auf höheren Embryonalstufen niemals vor. Nun zeigt aber das Auge des erwachsenen Thieres thatsächlich gelegentlich solche, und noch häufiger kommen Linsen vor, die zwar in der Hauptsache entschieden aus Fasern sich aufbauen, daneben aber auch noch Zellen führen und zwar von den letztern oft entschieden erheblich mehr, als bei den ausgebildetsten Embryonalstadien vorkommen. Die Regel bilden allerdings diejenigen Linsen, welche ausschliesslich aus Fasern bestehen, die zwar verschieden weit in der Ausbildung vorgeschritten sind, aber niemals mehr auf der Stufe unveränderter Zellen geblieben sind.

Zur Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens hat man vor Allem zu beachten, dass alle diese Linsen in der Nähe der Auswachsungsstelle, die ja keiner fehlt, wenigstens einige wenige deutliche Fasern zeigen, und anderseits sich der Thatsache zu erinnern, dass gelegentlich Fälle vorkommen, in welchen auf früher Embryonalstufe an der Auswachsungsstelle nicht sofort Faserbildung auftritt, sondern einfach Zellen des Linsenepithels ins Innere der Linsenhöhle hineinwachsen und diese auszufüllen beginnen. Erst später fängt dann an der Auswachsungsstelle die Bildung von Fasern, an und auch die ins Innere der Höhle gedrängten Zellen wachsen zu solchen aus. Während, oder nicht lange nach der Geburt des Thieres wird nun die Weiterentwicklung auch der Linse jedenfalls sistiert. Ist nun in Linsen, die zunächst vom Linsenepithel aus nur Zellen in die Höhle hineinwachsen liessen, die Entwicklung, aus unbekannten Gründen, in langsamerem Tempo, als gewöhnlich, vor sich gegangen, so wird das Organ durch die Hemmung auf einer Stufe überrascht werden, die von der Vollendung noch weiter entfernt ist; man wird also in der Linse des sonst normal ausgebildeten Thieres weniger entschiedene Fasern und mehr Zellen, in ganz extremen Fällen sogar fast gar keine Fasern und fast ausschliesslich Zellen antreffen. Das Vorkommen reichlicher Zellen in der Linse des ausgebildeten Maulwurfs würde also darauf schliessen lassen, dass sie vom Aufhören der Weiterentwicklung zu einer Zeit betroffen wurde, zu welcher sie erst auf verhältnissmässig niedriger Embryonalstufe angelangt war, und dieser Umstand fände wieder darin seine Erklärung, dass die Bildung der Fasern in einem weit langsameren Tempo, als gewöhnlich, vor sich gegangen wäre.

Dass es sich dabei lediglich um eine Ungleichmässigkeit in der Geschwindigkeit der Ausbildung handelt und nicht etwa darum, dass bei den in Rede stehenden Augen die Bildung der ganzen Linse eben später angefangen haben könnte, zeigt das Verhalten des Linsenepithels. Dieses hat sich in der gewöhnlichen Weise weitergebildet und steht bei den Augen der erwachsenen Thiere, deren Linsenkörper noch embryonale Verhältnisse zeigt, entschieden auf derselben Stufe, wie bei Augen mit hochentwickeltem, aus Fasern gebautem Linsenkörper. Wäre die Entwicklung der Linse später, als sonst erfolgt, so müsste doch wohl auch das Linsenepithel in seiner Ausbildung ebensoweit zurückgeblieben sein, wie der Linsenkörper.

Was die Gestalt der embryonalen Linse betrifft, so kommt dieselbe meist der Kugel ziemlich nahe. Erst auf den höchsten Stufen, in der Hauptsache wohl erst nach der Geburt, beginnt die Tiefe zu Gunsten der Höhe zurückzutreten, die Linse also der Linsenform sich zu nähern. Doch kommt sie in dieser Hinsicht nur selten sehr weit. Meist bleibt sie auf dem Standpunkte eines sehr gedrungenen Rotationsellipsoids, dessen Axen also in der Länge nicht sehr differiren, stehen. Die lange Axe verläuft aber senkrecht zur Augenachse.

Besondere Krümmungen der distalen und, seltener, der proximalen Fläche, dürften als Resultate des verschiedenen Druckes angrenzender Theile, also zunächst der Iris, dann aber auch des Glas-

körpers, zu erklären sein: eine Rolle spielt dabei jedenfalls auch der Aufhängeapparat, den man ja als Anlage einer Zonula Zinnii auffassen kann.

Iris und Corpus ciliare.

Stadium I (4,5 mm). Taf. II. Fig. 19, 20.

Eine eigentliche Iris ist noch nicht vorhanden. Es handelt sich, will man überhaupt diese Bezeichnung schon jetzt anwenden, dabei lediglich um den Augenbecherrand, d. h. die Stelle, an welcher das *Pigmentepithel* sich in die *Retina* umschlägt. Die Zellen der Pigmentlamelle nehmen hier, auf eine kurze Strecke, eine langgezogene Form an, in der Art, dass ihre Höhe bedeutend zu, ihre Breite etwa im selben Masse abnimmt. Die Kerne verhalten sich entsprechend.

Stadium II (6,7 mm). Taf. II. Fig. 21.

Eine richtige Regenbogenhaut existiert nicht; die Irisanlage wird durch den Augenbecherrand repräsentiert. *Pigmentepithel* und *Retina* sind stets in ihrer ganzen Ausdehnung durch einen ziemlich breiten, spaltförmigen Hohlraum, den Rest der primären Aughöhle, getrennt.

Stadium III (8,5 mm). Taf. II. Fig. 22.

Von einer wirklichen Iris ist noch immer nicht die Rede. Der Augbecherrand zeigt noch ganz das Verhalten des vorigen Stadium, höchstens liesse sich anführen, dass ein Theil des Augenkapselgewebes mehr gegen den Augenbecherrand hin vorgerückt ist, und diesen, dem *Pigmentepithel* stets fest angelagert, nahezu erreicht hat.

Stadium IV (10 mm). Taf. II. Fig. 24.

Eine Iris wird auch hier noch nur durch den Augenbecherrand repräsentiert. Gegenüber dem vorigen Stadium ist das vorliegende entschieden in sofern etwas zurückgeblieben, als das dem *Pigmentepithel* angelagerte Bindegewebe der Augenkapsel, soweit es nicht der Anlage der *Membrana Descemetii* angehört, vom Rande des Augenbechers noch entschieden weiter entfernt ist.

Stadium V (11 mm). Taf. II. Fig. 25.

Obgleich hier die Irisanlage ebenfalls lediglich durch die Randpartieen des Augenbechers dargestellt wird, kann man doch jetzt eher von einer solchen reden, da sich in jenen mannigfache Differenzierungen vollzogen haben.

Der Augenbecherand hat sich vor Allem bedeutend in die Länge gezogen, seine beiden Blätter haben sich fast im ganzen Umfange des Auges einander sehr genähert, ja meist dicht aufeinander gelegt; nur in den ventralen Partieen ist noch immer ein deutlicher Spalt zwischen ihnen geblieben. Das innere Blatt dieses langgezogenen Becherrandes hat sich gegen seine proximale Fortsetzung, die eigentliche *Retina*, deutlich abgesetzt. Es hat eine Länge von 0,1130 mm, die in den ventralen Theilen

des Auges auf 0,1033 mm zurückgeht. Der Bau dieses inneren Blattes entspricht dem der äusseren Körnerschicht der Netzhaut, doch fehlen die Anlagen der Sehzellen vollständig. Ausserdem bekleidet den inneren Rand des Blattes noch ein schmaler Saum der Bindegewebsfaserschicht (cfr. *Retina*). Dieselbe reicht indessen von der Grenze zwischen *Retina* und *pars retinalis Iridis* nur etwa bis zur Mitte der letzteren, um dann zu verschwinden.

Der zumeist vielschichtige Bau des inneren Blattes geht, dorsal etwa 0,057 mm vom Becherrande entfernt, zunächst in einen zweischichtigen und kurz darauf in einen einschichtigen über. Ventral zeigt sich dasselbe Verhalten, nur dass die zweischichtige Anordnung erst in einer Entfernung von etwa 0,034 mm vom Rande des Augenbechers anfängt. In den einschichtigen Theilen sind die Zellen sehr langgestreckt und schmal, mit entsprechenden Kernen, ihre lange Axe verläuft stets senkrecht zur Bulbusoberfläche. In Gegend des Becherrandes verbreitern sich dann die Elemente des inneren Blattes allmählich (besonders in den ventralen Partien des Auges) und gehen in das ebenfalls einschichtige Gewebe des äusseren Blattes, d. h. des Pigmentepithels, über. Dieses zeigt in seinem Iristheile keine Besonderheiten gegenüber seinem sonstigen Bau, nur fehlen die nach Innen gerichteten Zellfortsätze, oder sind wenigstens viel geringer entwickelt. Stellenweise macht sich hier auch, namentlich im ventralen Pigmentepithel, ein geringerer Grad der Pigmentirung bemerklich.

Bindegewebige Theile tragen zum Aufbau dieser Irisanlage nur insofern bei, als einerseits die *Membrana limitans interna* auch die Innenfläche der *pars retinalis Iridis* überkleidet, andererseits die mehrschichtig angelegten Abschnitte dieses innern Irisblattes, wie die übrige *Retina*, von Bindegewebszellen und -Fasern radiär durchzogen werden.

Stadium VI (13 mm).

Eine unverkennbare Irisanlage zeigt auch vorliegendes Stadium, doch ist dieselbe im Allgemeinen weniger weit ausgebildet, als beim letzten. Vor Allem ergeben sich andere Masse. Die Länge der retinalen Iris, von der deutlichen Grenze gegen die *Retina* aus bis zum Augenbecherrande gemessen, beträgt in der dorsalen Augenhälfte 0,1005, ventral 0,078 mm. Die Bindegewebsfaserschicht hört dorsal 0,0598, ventral 0,0650 mm vom freien Irisrande entfernt auf. Die mittlere Dicke der *pars retinalis Iridis* stellt sich dorsal auf 0,0260, ventral auf 0,0299 mm.

Ganz scharf gegen die eigentliche Netzhaut hin abgesetzt ist die retinale Irisanlage nur in den dorsalen Partien des Auges, lateral und ventral findet sich mehr ein allmählicher Uebergang, doch wird durch das plötzliche Aufhören der inneren Körnerzellen immerhin auch hier eine gewisse Grenze markiert.

Das, nahe der *Retina* zunächst vielschichtige, innere Irisblatt nimmt bald zweischichtigen Bau an und behält diesen, dorsal wie ventral, bis etwa auf eine Entfernung von 0,0195 mm vom Augenbecherrande bei, um dann einschichtig zu werden und sich in das ja gleichfalls einschichtige Pigmentepithel umzuschlagen. Der Iristheil des letzteren liegt dem retinalen Theil der Regenbogenhaut, wenigstens in den dorsalen und lateralen Augenpartien, durch die ganze Anlage dicht an: von einer Verklebung, oder gar Verwachsung, kann freilich nicht die Rede sein, da doch immer noch ein ganz schmaler, unmessbarer Spalt zwischen ihnen bleibt. In der ventralen Iris hat derselbe oft noch eine etwas bedeutendere Breite bewahrt.

Das Pigmentepithel hat in seinem Iristheile dadurch eine viel grössere Dicke gewonnen, dass seine Zellen ihre sonstige Plattenform verloren und cylindrische Gestalt angenommen haben: so ist dann die Pigmentlamelle der Irisanlage auf der Stärke von etwa 0,0143 mm angewachsen. Hinsichtlich der Pigmentirung gilt das für's vorige Stadium Gesagte. Bindegewebige Elemente betheiligen sich noch nicht deutlich am Aufbau der Regenbogenhaut.

Stadium VII (17 mm). Taf. II. Fig. 26.

Der retinale Theil der Irisanlage ist jetzt gegen die Netzhaut, was Grössenverhältnisse und Bau anbelangt, deutlich abgesetzt. Seine Dicke beträgt an der Grenze dorsal 0,0221, ventral 0,0273 mm. Die Länge der ganzen Anlage ist dorsal 0,1299, ventral 0,1368 mm. In der Gegend der Netzhaut hat die pars retinalis Iridis zunächst mehrschichtigen Bau. Sie setzt sich zusammen aus Zellen, die vollständig den äusseren Körnerzellen gleichen; dazwischen finden sich einzelne Stützzellen und, in den der *Retina* direkt benachbarten Theilen, auch Stützfaser. Den inneren Rand der Anlage bildet die Fortsetzung der retinalen Bindegewebsfaserschicht, bekleidet von der *Membrana limitans interna*. Etwa in der Mitte zwischen der Retinagrenze und dem Augenbecherrande gewinnt dann die retinale Iris einen zweischichtigen Aufbau, und zugleich damit verschwinden Stützzellen, Stützfaser und Bindegewebsfaserschicht. Die Iriszellen werden länger, ihre Kerne schlanker. Diese Anordnung der Elemente bleibt aber nur eine kurze Strecke weit bestehen, denn bald wird sie durch einschichtigen Bau abgelöst: jetzt gestalten sich die Zellen des Irisblattes wieder etwas breiter und cylindrisch, ihre Kerne rundlicher. Beim Uebergang in's Pigmentepithel werden die Zellen dann abermals länger und schmaler, die Kerne gestreckter.

Etwa in der Mitte ihres Verlaufes besitzt die pars retinalis Iridis eine Dicke von dorsal 0,0152, ventral 0,0130 mm.

Die beiden ectodermalen Blätter der Irisanlage liegen einander niemals dicht an: es besteht vielmehr zwischen denselben stets ein ziemlich bedeutender (dorsal z. B. an einer Stelle bis zu 0,0338 mm breiter) Zwischenraum. Zum Theil mag sich derselbe in der Ausdehnung, wie ihn meine Präparate zeigen, auf Schrumpfungerscheinungen zurückführen lassen, vollständig reicht indessen diese Erklärung sicherlich nicht aus, und es kann nicht geleugnet werden, dass beim vorliegenden Stadium ein immerhin recht bedeutender Rest von der Höhle der primären Augenblase sich bis an den Irisrand hin erhalten hat.

Ueber das dritte, bindegewebige Blatt der Irisanlage wurde schon bei Betrachtung der *Chorioidea* gesprochen und mag es genügen, an dieser Stelle hierauf zu verweisen.

Stadium VIII (19,7 mm). Taf. III. Fig. 33.

Im Bau zeigt die Irisanlage dieses Stadiums fast keine Veränderung, ich kann mich also in der Hauptsache darauf beschränken, die Masse anzugeben.

Die Stärke des retinalen Irisblattes beträgt unmittelbar an der Zusammenhangsstelle mit der Netzhaut dorsal 0,0286, ventral 0,0260 mm. Die Länge von hier bis zum freien Irisrande stellt sich dorsal auf 0,1755, ventral auf 0,1339 mm.

Die *pars retinalis Iridis* ist, von der eigentlichen Retina aus betrachtet, zunächst für eine dorsal 0,0079, ventral 0,0059 mm lange Strecke mehrschichtig. Der sich anschliessende, zweischichtige Theil

ist dorsal 0,0337, ventral 0,0168 mm lang, und auf den einschichtigen kommen demnach endlich dorsal 0,1288 und ventral 0,1052 mm. Kurz vor seinem Uebergange in das Pigmentepithel hat das retinale Irisblatt, dorsal, wie ventral eine Dicke von 0,0091 mm.

Das Bindegewebe der *Chorioidea*, das mit einzelnen Zügen schon beim vorigen Stadium den freien Irisrand erreicht hatte, ist nun an dieser Stelle erheblich verstärkt worden und führt eine Anzahl feiner Gefässe. Das mit ihm in losem Zusammenhang stehende wulstförmige Bindegewebslager für das grosse, dem freien Irisrande vorgelagerte Ringgefäss hat etwa die alte Stärke bewahrt, das Gefäss selbst desgleichen.

Die mit der *Membrana hyaloidea* vereinigte *Membrana limitans interna* lässt sich, der retinalen Iris resp. dem Pigmentepithel stets dicht anliegend, eine kurze Strecke über den freien Irisrand hinüber verfolgen. Dann verschwindet sie zwischen den Faserzügen der inneren Aderhautgrenze.

Von einer ersten Ciliarkörperanlage findet sich jetzt nur im dorsalen Theile des Auges eine Spur. Nahe der Netzhautgrenze gewinnt nämlich die Iris rasch eine vorübergehende Mächtigkeit von 0,0310 mm, und dieser Verstärkung entspricht ein Anschwellen des benachbarten Pigmentblattes auf 0,0455 mm. In der ventralen Augenhälfte findet sich hievon keine Andeutung. Das Pigmentepithel des Iristheiles ist zwar auch hier, wie dorsal, durchweg stärker, als näher dem Augenhintergrund, eine durch besondere Dicke ausgezeichnete Stelle fehlt aber.

Der Spalt zwischen dem retinalen und dem Pigmentblatte der Irisanlage ist wieder sehr schmal geworden, aber immer noch deutlich nachweisbar.

Stadium IX (22,3 mm). Taf. II. Fig. 23.

Die Irisanlage hat dorsal eine Länge von 0,1885, ventral von 0,1365 mm. Sie lässt den Aufbau aus 3 Blättern deutlich erkennen. Das innerste derselben, die *pars retinalis Iridis*, hat an seinem proximalen Ende eine Stärke von dorsal 0,0325, ventral 0,0286 mm. Kurz vor seinem Uebergange ins Pigmentepithel ist es noch, dorsal, wie ventral 0,0156 mm dick. In den der eigentlichen Retina angrenzenden Theilen baut es sich aus mehreren Zellenlagen (2—4) auf und behält diese Zusammensetzung etwa bis in die Mitte zwischen seinem proximalen und seinem distalen Ende. Es geht dann rasch in einschichtige Anordnung über. Am freien Irisrande schlägt sich das retinale Blatt in die Pigmentlamelle um. Die starke Pigmentirung der letzteren lässt ein deutliches Erkennen seiner Zellen nicht zu, nur gelegentlich durchscheinende Kerne bestätigen die, übrigens kaum zweifelhafte Annahme, dass das Pigmentepithel auch in seinem Iristheile einschichtigen Bau besitzt.

Das Pigment setzt sich auch auf den Retinaltheil der Iris fort; so dass dieser noch, dorsal 0,1040, ventral allerdings nur 0,0325 mm vom freien Irisrande entfernt, reichliche Pigmentirung zeigt.

Die Dicke des Pigmenttheiles der Iris schwankt ziemlich stark. Ventral beträgt dieselbe z. B., 0,0650 mm vom freien Rande entfernt, 0,0325 mm, ist aber dann in der Gegend der Grenze zwischen *pars retinalis Iridis* und eigentlicher Netzhaut, bereits wieder auf 0,021 mm zurückgegangen. Ventral hat die dickste Stelle, ca. 0,091 mm vom freien Irisrande entfernt, eine Mächtigkeit von 0,0312 mm; an der proximalen Irisgrenze misst das Pigmentepithel nur 0,013 mm.

Das äusserste Blatt der Irisanlage wird durch einen Theil des sclero-chorioidealen Bindegewebes gebildet und wurde bereits bei Beschreibung dieser Theile behandelt.

Von einer Ciliarkörperanlage fehlt jede Spur, man müsste denn die vorübergehende starke Verdickung des Pigmentepithels, der eine ebensolche, aber viel weniger auffallende des retinalen Iristheils gelegentlich zu entsprechen scheint, dafür in Anspruch nehmen wollen.

Stadium X (27,5 mm). Taf. III. Fig. 27.

Von einer wirklichen fertigen Iris kann im Auge des Maulwurfsembryo erst vom vorliegenden Stadium an gesprochen werden. Jetzt liegen die drei Blätter, aus denen sie sich zusammensetzt, beinahe in ihrer ganzen Ausdehnung einander dicht an; gelegentliche, in den Präparaten sich findende Spalten zwischen den beiden inneren Blättern sind zweifellos auf Druck- oder Schrumpfungsercheinungen zurückzuführen.

Die *pars retinalis Iridis* schliesst sich an die eigentliche Netzhaut nicht unmittelbar an, es findet sich zwischen beiden eine Art Uebergangszone, die aus einer untrennbaren Verschmelzung der distalsten Partien von innerer und äusserer Körnerschicht besteht, und die sich fast ausschliesslich aus den in Form und Dimensionen einander ja vollständig gleichen äusseren resp. inneren Körnerzellen aufbaut. Die Ganglienzellen sind in ihr meist verschwunden, oder an Zahl doch sehr zurückgegangen. (Hierüber, sowie über die Betheiligung von Sehzellen am Aufbau von Netzhaut und Iris vergl. den Abschnitt über die *Retina*.) Dieser Uebergangstheil ist dorsal 0,0195, ventral 0,0221 mm lang. Seine Mächtigkeit beträgt an dem der Netzhaut zugekehrten, also proximalen Rande je 0,0585, an ihrer Grenze gegen die eigentliche *pars retinalis Iridis* hin 0,0195 mm. Von hier aus gerechnet ist das innerste Irisblatt dorsal 0,1885, ventral 0,1502 mm lang. Es besteht aus schmalen, cylindrischen resp. da, wo sich mehrschichtige Anordnung findet, in Folge der gegenseitigen Pressung spindelförmigen Zellen. Mehrschichtig ist das Blatt auf einer, vom distalen Rande der Uebergangszone an gerechnet dorsal 0,0754, ventral 0,06 mm langen Strecke; von da ab wird es einschichtig. Eine vorübergehende starke Verdickung erfährt die *pars retinalis Iridis* dorsal 0,0715, ventral 0,0584 mm von der Uebergangszone entfernt, und zwar misst sie an dieser Stelle dorsal 0,026, ventral 0,0247 mm, während sie in unmittelbarer Nachbarschaft der Uebergangszone dorsal 0,0143, ventral 0,0195 mm, und kurz vor dem Zusammenhang mit dem Pigmentepithel, also ganz nahe dem freien Irisrande dorsal, wie ventral ca. 0,0095 mm dick ist.

Das mittlere, dem Pigmentepithel angehörige Blatt der Iris ist so stark pigmentirt, dass sich über die Form seiner Zellen nichts Genaueres angeben lässt. Zweifelsohne wird es, wie auf den früheren Entwicklungsstufen, sich aus einer einfachen Lage verhältnissmässig grosser Zellen aufbauen. An der Stelle, welche der proximalen Grenze der retinalen Iris gegenüberliegt (dorsal), resp. anliegt (ventral), ist es 0,0185 mm stark; es verdickt sich dann, in derselben Gegend, wie das innere Blatt, dorsal auf 0,03, ventral auf 0,026 mm und misst endlich nahe dem freien Irisrande dorsal, wie ventral 0,0075 mm.

Das äusserste Blatt der Iris liefert die *Chorioidea*. Näheres darüber vgl. in dem diese „Haut“ behandelnden Abschnitt.

Stadium XI (32 mm). Taf. III. Fig. 28.

Die zwischen eigentlicher *Retina* und *pars retinalis Iridis* sich wiederfindende Uebergangszone, deren Zusammensetzung dieselbe ist, wie beim letzten Stadium, hat eine Länge von ca. 0,0195 mm.

Das retinale Blatt der Iris, das sich ihr distal anreihet, und damit die gesammte Iris, ist dorsal 0,2282, ventral 0,1395 mm lang. Die *pars retinalis Iridis* ist jetzt durchweg einschichtig, aus langen Cylinderzellen, mit schmalen, länglich-ovalen Kernen zusammengesetzt. Die Verdickung einer bestimmten Stelle des Blattes kommt niemals durch Vermehrung seiner Schichten, sondern ausschliesslich durch bedeutende Verlängerung seiner Zellen zu Stande. Diese Verdickung findet sich dorsal 0,1410, ventral 0,0910 mm vom freien Irisrande entfernt, und das innerste Irisblatt misst dann dorsal 0,0195, ventral 0,0169 mm in der Dicke. Nahe der Uebergangszone, und desgleichen nahe seiner Fortsetzung ins Pigmentepithel hat es eine Stärke von dorsal 0,0141, ventral 0,0072 mm.

Der Pigmentepitheltheil der Iris zeigt auch hier so reichliches Pigment, dass sich über seine Zellen absolut nichts aussagen lässt. In der dorsalen Aughälfte fehlt auffallender Weise an ihm jene Verdickung, welche der beim retinalen Blatte sich findenden entsprechen würde, an ihrer Stelle tritt hier sogar eine vorübergehende Verdünnung auf 0,0247 mm auf, während unmittelbar daneben, sowohl in den nach dem freien Irisrande hinliegenden, als in dem dem Aughintergrund mehr genäherten Theile des Pigmentepithels seine Stärke etwa 0,0299 mm beträgt. Am proximalen Irisrande ist die Pigmentlamelle 0,0173 mm dick; ventral dagegen verstärkt sich neben dem retinalen Blatte auch der Pigmentepitheltheil der Iris; er misst dann 0,0452 mm. An der proximalen Irisgrenze hat er 0,0231 und nahe dem freien Irisrande 0,0234 mm Dicke.

Betreffs des äussersten Blattes der Iris cfr. den Abschnitt über die *Chorioidea*.

Das erwachsene Thier. (Taf. III. Fig. 24.)

Auch in Bezug auf Iris und Ciliarkörper zeigt das Auge des erwachsenen Thieres eine so weitgehende Verschiedenheit bei den einzelnen Individuen, dass es unmöglich ist, eine für alle Fälle passende Beschreibung zu geben. Ich schildere daher zunächst ein Auge, dessen Verhältnisse sich noch am ehesten als typisch bezeichnen lassen, möchte aber ausdrücklich bemerken, dass die Ausnahmen von dieser Regel ganz ungemein zahlreich sind. Ich werde auf dieselben weiter unten eingehen.

Das Verhalten von Iris und Ciliarkörper ist in dem zur Schilderung in erster Linie herangezogenen Exemplar nicht im ganzen Umfange des Auges dasselbe, es zeigte sich vielmehr eine gewisse Verschiedenheit der dorsalen Parteen von den ventralen.

Dorsal hat die Iris, gemessen vom freien Rande bis zum Beginn des Ciliarkörpers, eine Gesamtlänge von 0,1947 mm. Sie besteht, deutlich erkennbar, aus den gewöhnlichen drei Blättern: Retinaler Theil, Pigmentepitheltheil und chorioidealer Theil. Der Uebergang der beiden inneren Blätter in einander, also der alte Augbecherrand, lässt sich mit grosser Deutlichkeit erkennen. Derselbe fällt aber jetzt nicht mehr, wie früher, mit dem freien Irisrande zusammen. Es hat sich vielmehr der Chorioidealtheil der Iris über ihn hinaus 0,052 mm weit gegen den distalen Linsenpol vorgeschoben und dadurch werden nun die äussersten Theile des Irisrandes gebildet. Diese bindegewebige Partie der Regenbogenhaut ist stark pigmentirt, doch lässt sich seine Zusammensetzung aus Faserzügen mit Kernen noch immer deutlich erkennen. Eine gewisse Grenze zwischen dem vorgeschobenen chorioidealen Irisrande und der Stelle, wo die beiden inneren Irisblätter in einander übergehen, wird dadurch aufrecht erhalten, dass die *Membrana limitans interna* oder *hyaloidea* sich nach wie vor über den alten Augenbecherrand hinüberschlägt, um sich mit den innersten Lagen der *Chorioidea* zu

vereinigen. Die Membran wächst also, 0,052 mm vom freien Rande der Iris entfernt, scheinbar in diese hinein und durch sie hindurch.

Das innere, retinale Blatt der Iris ist 0,007 mm dick. Es besteht aus einer einzigen Lage von Zellen mit grossen Kernen. Ueber die Form dieser Zellen lässt sich wegen der dichten Pigmentirung des Blattes, die nur gelegentlich Stücke von Kernen durchscheinen lässt, meist nichts Genaues angeben. Zwischen dem retinalen Blatte der Iris und ihrem Pigmentepitheltheile trat in meinen Präparaten stets ein schmaler Spalt auf, doch glaube ich seine Entstehung entschieden auf die Einwirkung der Reagenzien zurückführen zu müssen, da ja der Rest der primären Augenhöhle schon bei den vorhergehenden Embryonalstadien fast ausnahmslos verdrängt war, und ein Stehenbleiben der Iris in dieser Beziehung auf einer früheren Embryonalstufe wegen ihrer weit vorgeschrittenen sonstigen Ausbildung nicht wohl angenommen werden kann.

Der Chorioidealtheil der Regenbogenhaut hat eine Stärke von 0,01 mm. Er ist stets so dicht pigmentirt, dass über seinen Bau sich nichts aussagen lässt, doch ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass er sich in dieser Hinsicht anders verhalte, als die übrige Pigmentlamelle, dass er also nicht ebenfalls durch eine einfache Lage verhältnissmässig grosser Zellen mit grossen Kernen gebildet sein sollte. Das chorioideale Blatt, soweit es dem Pigmentepithel anliegt, hat eine Dicke von 0,011 mm. An seiner Innenfläche lässt sich zuweilen eine Differenzirung einiger ganz feinen Faserzüge zu einer dünnen, kernlosen Schicht constatiren, also die Anlage einer Zwischenmembran. Dieselbe ist jedoch meistens von Pigment verdeckt; immer ist dies der Fall in der Nähe des distalen Endes der beiden inneren Irisblätter, d. h. am alten Augenbecherrand. Es lässt sich daher, so wahrscheinlich es auch ist, niemals mit Sicherheit feststellen, dass die *Membrana limitans interna* in dieser Schicht aufgeht.

Der Ciliarkörper hat eine Länge von 0,091, eine Gesamtdicke von 0,0689 mm. In der Hauptsache wird er durch das sehr verstärkte Pigmentepithel gebildet, doch lässt sich wegen der ungemein dichten Pigmentirung niemals feststellen, ob diese Verstärkung die Folge einer sehr bedeutenden Höhenzunahme seiner Zellen ist, oder durch mehrschichtige Anordnung des Pigmentepithels zu Stande kommt. Die Vergleichen mit den Augen anderer Wirbelthiere spricht aber entschieden für die erstgenannte Möglichkeit. Der retinale Theil der Iris setzt sich über den Pigmentepitheltheil des Ciliarkörpers in Gestalt eines, in einfacher Lage angeordneten Belages von cylindrischen, stets vollkommen pigmentfreien Zellen fort. Diese sind 0,011 mm hoch und 0,0052 mm breit. Ihre senkrecht [zur Fläche des Corpus ciliare gestellten länglichen Kerne messen 0,0055 : 0,033 mm. Diese Zellschicht setzt sich, immer dem Pigmentepithel dicht anliegend, bis zur eigentlichen *Retina*, d. h. der *Ora serrata* fort, doch werden ihre Elemente proximal vom Ciliarkörper sofort cubisch und weiterhin bald dick-plattenförmig. Ihre Höhenachse, senkrecht zur Fläche des Pigmentepithels verlaufend, misst dann 0,0052, ihre Breite 0,0078 mm. Die lange Achse ihrer Kerne verläuft parallel zur Fläche der Schicht und misst 0,005; die Dicke der Kerne beträgt 0,0039 mm. Auch diese Zellen zeigen niemals eine Spur von Pigment.

Unmittelbar proximal vom Ciliarkörper ist das Pigmentepithel auf eine kurze Strecke 0,015 mm stark, erfährt aber sofort eine Aufwulstung, die, bei einer Längenausdehnung von 0,055, eine grösste Dicke von 0,0312 mm erreicht. Proximal von dieser erhält die Pigmentlamelle dann eine Stärke von 0,0143 mm, die es in seinem weiteren Verlaufe proximalwärts zunächst beibehält.

Die ventrale Hälfte des Auges zeigt, was den Bau von Iris und Ciliarkörper betrifft, keine Unterschiede gegenüber der dorsalen. Nur die Maßverhältnisse gestalten sich etwas anders. Das chorioideale Irisblatt wächst nämlich hier gegen die Linse hin nur 0,039 mm über die Uebergangsstelle zwischen retinalem Iristheile und Pigmentepithel hinaus. Die Gesamtlänge der Regenbogenhaut bis zum Ciliarkörper beträgt jedoch 0,2 mm. Die Stärke der einzelnen Blätter, und auch der Grad ihrer Pigmentirung zeigen keinen Unterschied gegenüber der dorsalen Aughälfte.

Der Ciliarkörper ist 0,1 mm lang und im Ganzen 0,06 mm dick, wovon auf das Pigmentepithel 0,033 mm kommen. Die proximal vom Corpus ciliare gelegene Aufwulstung des Pigmentepithels erstreckt sich über einen 0,052 mm langen Bezirk und hat eine Maximaldicke von 0,0826 mm.

Ein meridional verlaufender Ciliarmuskel, etwa 0,017 mm stark, liegt an der äusseren Grenze der *Chorioidea* in der Ciliarregion. Von einem Ringmuskel habe ich niemals eine Spur entdecken können. Ebenso fehlen alle Andeutungen einer sonstigen Chorioidealmuskulatur. Die Fasern des Ciliarmuskels sind glatt.

In der geschilderten Weise verhalten sich die hier in Frage kommenden Augentheile in vielen, jedoch, wie gesagt, keineswegs in allen Fällen. Zwar ist im Auge des erwachsenen Thieres stets ein Ciliarkörper zu unterscheiden, doch steht derselbe häufig auf viel tieferer Stufe und geht oft wenig, oder gar nicht über den Standpunkt der höher entwickelten Embryonen hinaus, stellt sich dann also lediglich als mehr, oder weniger bedeutende Anschwellung des Pigmentepithels und dadurch herbeigeführte Aufbauchung des retinalen Irisblattes in der Ciliarregion dar.

Auch die Länge der distal vom *Corpus ciliare* gelegenen Iris ist sehr verschieden und bleibt oft hinter der oben angegebenen ganz bedeutend zurück. Besonders ist die Vorlagerung der *Chorioidea* vor den alten Augenbecherrand, wenn auch immer vorhanden, so doch häufig sehr wenig ausgedehnt. Ebenso ist die Pigmentirung des retinalen Irisblattes in vielen Fällen nur ganz gering und fehlt gelegentlich vollständig, so dass dann die Form der Zellen deutlich erkennbar ist. Dieselben sind etwa cubisch, mit fast kugeligen Kernen; gegen die Stelle hin, wo die Umschlagung, also der Zusammenhang der inneren Irisblätter stattfindet, werden sie etwas mehr cylindrisch, ihre Kerne behalten jedoch die Kugelgestalt bei. Der Ciliarmuskel ist stets, wenn auch nicht immer mit gleicher Deutlichkeit, nachweisbar.

In keinem Falle berührt der Ciliarkörper die Linse, er bleibt vielmehr stets eine ziemliche Strecke von ihr entfernt. In den oben näher geschilderten Augen beträgt diese Distanz, dorsal wie ventral, etwa 0,026 mm.

Z u s a m m e n f a s s u n g.

Die Irisanlage wird auf frühen Entwicklungsstufen lediglich durch den Augenbecherrand dargestellt. Erst bei sonst schon ziemlich weit fortgeschrittenen Stadien beginnt in ihm eine Differenzirung, indem er sich allmählich in die Länge und gegen die Linse hinzieht. Das innere Blatt, vom äusseren anfangs immer noch durch einen weiten Zwischenraum, einen Rest der primären Augenhöhle, getrennt, verliert dabei seine vielschichtige Anordnung. Es geschieht dies in der Weise, dass nur die äussersten Lagen dieses Blattes, mit anderen Worten der *Retina*, sich an der Streckung betheiligen. Die Irisanlage besteht also zunächst aus einem äusseren, einschichtigen Theile, dem Pigmentepithel,

und aus einem inneren, mehrschichtigen, der verlängerten äusseren Körnerschicht, in der sich aber hier keine Ganglienzellen entwickeln, so dass sie also lediglich aus Körnerzellen sich aufbaut.

Diese beiden Blätter verlängern sich immer mehr; auch das innere derselben wird allmählich einschichtig und seine vorher ziemlich unregelmässigen Zellen, von vielfach abgeplatteter Kugel- oder Ellipsoidgestalt werden regelmässig cubisch, später cylindrisch. Die *Chorioidea* hat sich inzwischen als drittes, äusserstes Blatt an das Pigmentepithel angelegt, reicht aber noch nicht bis zum (distalwärts weitergewachsenen) Augenbecherrand.

Etwa in der Mitte zwischen diesem und der eigentlichen *Retina* beginnt nun der Pigmentepitheltheil der Anlage und, in geringem Masse, auch das retinale Blatt, sich stark zu verdicken, ersterer wahrscheinlich, letzterer sicher nicht durch Schichtenvermehrung, sondern dadurch, dass die zur Augoberfläche senkrecht verlaufende Achse ihrer Zellen sich mehr und mehr verlängert, wodurch diese eine sehr gestreckte Cylindergestalt annehmen. Der Pigmentepitheltheil verdickt sich dann immer mehr, während der retinale in dieser Beziehung bald stehen bleibt, ja sogar augenscheinlich wieder etwas zurückgeht, und es entsteht so der Ciliarkörper, der mehr oder weniger weit ausgebildet wird, je nachdem das Auge bei Eintritt der Entwicklungshemmung, die auch für diese Theile des Auges zweifellos etwa während, oder kurz nach der Geburt erfolgt, mehr, oder weniger fortgeschritten ist. Während dieser Vorgänge wächst das chorioideale Irisblatt längs dem Pigmentepithel immer weiter distalwärts und erreicht bald den Augenbecherrand, über den hinaus es zunächst einen Bindegewebswulst vorsendet, der als Lager für ein grosses, die Pupille umziehendes Ringgefäss dient. Dasselbe gehört dem Gefässsystem der *Chorioidea* an. Bald jedoch wird es wieder rückgebildet und verschwindet, zusammen mit seinem Perivasculärgewebe vollständig.

Die Gewebszüge der *Chorioidea* wachsen nun aber von Neuem über den Augenbecherrand hinaus gegen die Linse hin und bilden so schliesslich eine bindegewebige Verlängerung des freien Irisrandes. Dieselbe führt reichliche, kleine, dem chorioidealen System angehörige Gefässe, die auch in die retinalen Theile der Iris, bis zum Ciliarkörper hin, vordringen. Auf hohen Stufen der Entwicklung erhält dann auch die bindegewebige, distale Endpartie der Iris und ihr innerstes, retinales Blatt eine Pigmentirung, die in letzterem häufig so stark und dicht wird, dass ihr Bau darunter vollständig verschwindet. Die inneren Blätter der Iris haben sich schon vorher dicht aneinandergelegt, so dass also in diesem Gebiete jede Spur der primären Augenhöhle verdrängt ist. Der Ciliarmuskel tritt erst sehr spät im embryonalen Leben auf, entwickelt sich aber dann rasch zu der Form, die er beim erwachsenen Thiere zeigt.

Pigmentepithel.

Stadium I (4,5 mm). Taf. IV. Fig. 52.

Die Pigmentlamelle ist noch wenig entwickelt. Soweit es sich überhaupt um eine solche handelt, d. h. höchstens in der vorderen, distalen Hälfte des Auges, wird sie von höchst unregelmässig gestalteten Zellen gebildet. Die Höhe der letzteren, welche die Dicke des Pigmentepithels selbst darstellt, ist zwar immer annähernd dieselbe, nämlich ca. 0,0059 mm, in den beiden anderen Dimensionen

schwanken dagegen die Maße sehr bedeutend. So kommen z. B. Zellen vor, die eine Breite von 0,0096 mm besitzen, und dann wieder solche, die nur 0,0042 mm breit sind. Die Kerne haben, bei gleicher Höhe (stets ca. 0,0037 mm), entsprechend dem ungleichen Verhalten der Zellbreite, eine Länge, die sich innerhalb der Grenzen 0,0037 und 0,0059 mm bewegt. Die der Netzhaut zugekehrte Fläche der Pigmentepithelzellen ist stets ganz glatt, also von Zellfortsätzen keine Spur vorhanden. Ebenso fehlt jede Andeutung einer Pigmentierung.

In der Gegend des Augaequators verliert das Pigmentepithel seine einschichtige Anordnung und geht, sehr rasch vielschichtig werdend, in den Augenblasenstiel über, in dem eine Anordnung der zelligen Elemente zu erkennbaren Lagen übrigens sehr bald verschwindet.

Stadium II (6,7 mm). Taf. IV. Fig. 53.

Das Pigmentepithel umgibt, vollständig als solches entwickelt, die *Retina* in ihrem ganzen Umfange. Es wird durch eine einfache Lage plattenförmiger Zellen gebildet, die auf dem Schnitte die Figur eines Rechtecks von 0,0081 mm Länge und 0,0059 mm Höhe zeigen. Die lange Achse verläuft stets tangential zur Fläche der Netzhaut. Die Kerne dieser Zellen sind rundlich-oval und messen 0,0052:0,0044 mm. Die lange Achse entspricht derjenigen der Zelle.

Auf der der *Retina* zugewandten Fläche des Pigmentepithels zeigen sich die ersten Anfänge von Zellfortsätzen in Gestalt von zahlreichen, ganz kurzen, höckerförmigen Auftreibungen der Zellmembranen.

Das Pigmentepithel besitzt nunmehr auch Pigmentierung, wenn dieselbe auch noch ziemlich schwach ist. Im dorsalen Theile der Haut sind die Zellen durchweg mit Pigment versehen; dasselbe fehlt aber noch in den dem Augbecherrand nahe gelegenen Theilen, sowie im Aughintergrund vollständig. Ganz schwache Anfänge einer Pigmentbildung treten auch in den ventralen Partien der Pigmentlamelle auf, doch verschwindet auch hier, schon eine weite Strecke vor der Umbiegungsstelle in die *Retina*, und ebenso weit vom Uebergang in den Augenblasenstiel, jede Spur derselben.

In den, wie gesagt, stärker pigmentirten Zellen des dorsalen Pigmentepithels erstreckt sich die Pigmentierung theilweise auch auf die Anlage der Zellfortsätze, die dann stets in ihrer ganzen, freilich sehr unbedeutenden, Länge davon erfüllt sind.

Stadium III (8,5 mm). Taf. IV. Fig. 54.

Der Bau zeigt wenig Veränderungen. Das Pigmentepithel setzt sich hier aus einer einfachen Lage plattenförmiger Zellen zusammen, die eine Breite von 0,0091 mm besitzen, bei 0,0063 mm Dicke, welche letztere die Stärke der Haut selbst darstellt. Die ovalen Kerne messen 0,0052:0,0039 mm; ihre lange Achse fällt mit derjenigen der Zelle zusammen, verläuft also parallel zur *Retina*- resp. Bulbusoberfläche.

Dies gilt für die den Aughintergrund einnehmende Hälfte des Pigmentepithels. Etwa von der Gegend des Augaequators an, distalwärts verfolgt, nimmt die Breite der Zellen ab, sie erhalten zunächst Würfelform, um dann immer schmaler zu werden, so dass sie in Gegend des Augenbecherandes durchschnittlich nur noch halb so breit sind, als dick. Die Kerne machen denselben Prozess

durch; es verläuft also schliesslich ihre lange Achse nicht mehr parallel, sondern senkrecht zur Bulbusoberfläche.

Von ihrer Innenfläche senden die Pigmentzellen zarte Fortsätze gegen die Sehzellen hin, die, von wechselnder Länge, niemals über 0,0041 mm hinausgehen.

Die Pigmentirung ist sehr stark: nur der Iristheil des Pigmentepithels d. h. einige wenige vor der Umbiegungsstelle von Pigmentepithel in Pigmentepithel gelegene Zellen des ersteren, sind ganz pigmentfrei. Weiterhin, vom Augenbecherrand proximalwärts betrachtet, sind dann einige Pigmentepithelzellen nur theilweise von Pigment erfüllt, sodass noch ihre äussere Hälfte, oder auch nur der Kern, frei bleibt. Bald aber wird die Pigmentirung der Zellen eine vollständige, und erstreckt sich noch eine Strecke weit auf die Fortsätze. Die Enden dieser letzteren, bei den längsten auf eine Strecke von 0,0026 mm, sind jedoch stets unpigmentirt. Eine Ausnahme hievon machen einige wenige Pigmentepithelzellen, die in nächster Nachbarschaft des Sehnerven liegen. Diese sind in ihrem äusseren Theil pigmentfrei und auch ihr Kern ist unpigmentirt. Die innere Hälfte und die ganzen Zellfortsätze sind dagegen bei ihnen stark mit Pigment versehen, und zwar die letzteren bis in ihre äusserste Spitze hinein.

Stadium IV (10 mm). Taf. IV. Fig. 55.

In der Form des Pigmentepithels findet sich hier keine Veränderung gegen frühere Stadien. Es setzt sich aus Plattenzellen zusammen, die, bei einer Breite und Tiefe von 0,0089 mm eine Dicke (welche die der ganzen Schicht ausmacht), von 0,0052 mm besitzen. Die Kerne der Zellen sind 0,0066 mm lang, 0,0037 mm dick. Ihre lange Achse verläuft parallel zur Augenoberfläche. Hinsichtlich der Veränderungen, die sich in den Dimensionen der Zellen zeigen, je weiter sie über den Augenaequator hinaus dem distalen Pole genähert liegen, gilt das für das vorige Stadium Gesagte. Gegen die Netzhaut hin senden die Zellen des Pigmentepithels schwache Fortsätze aus, welche die Länge von 0,0011 mm niemals überschreiten.

Die Pigmentirung der Schicht hat insofern Fortschritte gemacht, als sich jetzt auch am Augenbecherrand keine ganz pigmentfreien Zellen mehr finden. Selbst die an der Umbiegungsstelle zur *Retina* liegenden sind, wenigstens in ihrer inneren Hälfte und den Fortsätzen, pigmentirt; dann finden sich noch einzelne Zellen, bei denen allein der Kern frei ist, bald aber verschwindet auch dieser unter den die ganze Zelle gleichmässig erfüllenden Pigmentmassen, ein Zustand, der im dorsalen Pigmentepithel etwas früher, d. h. näher dem Augenbecherrande, erreicht wird, als in seinen ventralen Partien.

Stadium V (11 mm). Taf. IV. Fig. 56.

Auf dieser Entwicklungsstufe zeigt das Pigmentepithel ebenfalls wenig Neues. Es hat eine Dicke von 0,0078 mm und seine Zellen senden gegen die Netzhaut hin Fortsätze aus, die jedoch die Länge von 0,002 mm niemals überschreiten.

Die ganze Schicht ist sehr stark pigmentirt; nur in den dem Augenbecherrande direkt benachbarten Teilen zeigen ihre Zellen, und zwar vorwiegend im ventralen Theile des Auges, gelegentlich einige freie Stellen, besonders schimmern unpigmentirte Kerne öfters durch. Es ist jedoch auch dann

die Pigmentirung immerhin noch so stark, dass es meist unmöglich ist, die Zellgrenzen, also die Form der Pigmentepithelzellen, festzustellen.

Die Fortsätze sind, ganz unregelmässig, einmal bis zur Spitze pigmentirt, dann wieder nur zur Hälfte, oder auch gelegentlich vollständig pigmentfrei.

Stadium VI (13 mm). Taf. IV. Fig. 57.

Auch jetzt lassen sich im Pigmentepithel keine wesentlichen Veränderungen constatiren. Seine plattenförmigen Zellen haben eine Dicke von 0,007; ihre Breite (und zugleich Länge) beträgt 0,0089 mm. Sie besitzen ellipsoidische Kerne von 0,0052 mm Länge und 0,0033 mm Dicke.

Die Fortsätze gegen die *Retina* hin sind ziemlich bedeutend und erreichen nicht selten eine Länge bis zu 0,0029 mm.

Die Pigmentirung ist sehr stark und in der ganzen Ausdehnung der Schicht gleichmässig. Nur um den austretenden Sehnerven herum finden sich einige wenige Pigmentzellen, die wenigstens einzelne pigmentfreie Stellen zeigen: einmal ist der Kern frei, dann wieder die ganze äussere, gelegentlich, aber selten, auch die innere Hälfte der Zellen selbst, während der Rest mit Pigment angefüllt ist. Auf die Zellfortsätze erstreckt sich dasselbe beinahe gar nicht.

Die Zellen des Pigmentepithels liegen dicht aneinandergedrängt und lassen nur zuweilen einen schmalen Raum, der den über den *Margo limitans externus* hinausgewachsenen Stützfasern der *Retina* den Durchtritt ermöglicht, zwischen sich offen.

Stadium VII (17 mm). Taf. V. Fig. 58.

Das Pigmentepithel hat hier eine Dicke von 0,0111 mm im Augenhintergrund. Es ist so stark mit Pigment beladen, dass es unmöglich ist, Masse für Zellen und Kerne anzugeben. Letztere scheinen zwar gelegentlich durch das Pigment durch, jedoch immer nur ganz undeutlich. Nach der Sehzellschicht hin schicken die Zellen des Pigmentepithels starke Fortsätze, die eine Länge von 0,0044 mm im Maximum erreichen und entweder vollständig, oder wenigstens bis zur Hälfte ihrer Länge pigmentirt sind.

Im Iristheile, an der Stelle, wo man die erste Anlage eines Corpus ciliare vermuthen könnte, schwillt das Pigmentepithel vorübergehend auf dorsal 0,0286, ventral 0,0275 mm Stärke an.

Stadium VIII (19,7 mm).

Auch jetzt lässt sich wegen der durchweg starken Pigmentirung über die Zellen des Pigmentepithels und ihre Kerne nichts sagen. Die Schicht hat im Augenhintergrund eine Dicke von 0,0105 mm. Ihre Zellen senden Fortsätze mit einer Maximallänge von 0,0059 mm aus, die stets bis zur Hälfte ihrer Ausdehnung pigmentirt sind. Zwischen den Fortsätzen zeigen sich deutlich die abgerissenen Enden der Stützfasern, die dann im Pigmentepithel verschwinden.

In der Ciliarkörperanlage, von der sich aber nur dorsal eine Andeutung constatiren lässt, gewinnt das Pigmentepithel für eine kurze Strecke seines Verlaufes eine Stärke von 0,0455 mm.

Stadium IX (22,3 mm). Taf. V. Fig. 59.

Auf vorliegender Entwicklungsstufe ist das Pigmentepithel ebenfalls wieder fast durchweg so stark pigmentirt, dass es unmöglich ist, Form und Dimensionen seiner Zellen festzustellen. Nur im Augenhintergrunde finden sich zuweilen kleine Partien, in denen die Pigmentirung etwas schwächer auftritt, so dass gelegentlich die Kerne, da und dort auch Zellgrenzen, durchschimmern. Die Mafse, die ich im Folgenden angebe, sind solchen Stellen entnommen, doch sind sie immerhin mit Vorsicht aufzunehmen, da das Pigment auch an den dünnsten Stellen seines spärlichsten Vorkommens immer noch dicht genug war, ein absolut genaues Messen zu verhindern. Die Zelle hat eine Länge von 0,0118, eine Dicke von 0,0086 mm. Ihr Kern ist 0,0081 mm lang und 0,0049 mm dick. Die Fortsätze der Zellen erreichen nur in wenigen Fällen die Maximallänge von 0,0029 mm, meist bleiben sie dahinter etwas zurück. Da das Pigment sich bis 0,0023 mm weit auf die Fortsätze erstreckt, so finden sich nur selten unpigmentirte Spitzen derselben.

Sehr reichlich ist die Pigmentirung vor Allem in den Iristheilen des Pigmentepithels, das hier gegenüber den Partien des Augenhintergrundes auch viel stärker geworden ist. Es misst z. B. dorsal in der Gegend des proximalen Irisrandes 0,02 mm in der Dicke und wächst 0,065 mm vom freien Irisrande entfernt vorübergehend sogar noch etwas mehr an. Ventral beträgt die Stärke des Pigmentepithels im Iristheile, eine vorübergehende Anschwellung auf 0,0312 mm abgerechnet, im Allgemeinen etwa 0,019 mm.

An den weniger stark pigmentirten Stellen des Augenhintergrundes lässt sich zuweilen der Durchtritt der Müller'schen Fasern zwischen den Zellen des Pigmentepithels sehr deutlich verfolgen.

Stadium X (27,5 mm). Taf. V. Fig. 60.

Das Pigment erfüllt auch hier die Schicht meistens in so dichten Massen, dass eine genaue Feststellung der Form etc. ihrer Zellen nur sehr schwer durchführbar ist, die nachstehend gegebenen Mafse können daher ebenfalls nur Anspruch auf annähernde Richtigkeit erheben.

Die Zelle ist danach 0,0099 mm lang, resp. breit; ihre Dicke, wodurch diejenige der ganzen Schicht bedingt ist, beträgt 0,0086 mm. Die Kerne sind 0,0056 lang (breit) und 0,0039 mm dick. Die Zellen senden gegen die *Retina* hin Fortsätze aus, von denen die bedeutendsten — und zwar sind diese sehr zahlreich — eine Länge von 0,0098 mm besitzen. Das Pigment der Zelle ist in den Fortsätzen ca. 0,0026 mm weit vorgedrungen, der Rest der letzteren ist stets absolut pigmentfrei. Zwischen den Fortsätzen finden sich zahlreiche Stücke abgerissener Müller'scher Fasern, die sich von den ersteren stets deutlich durch ihre scharfe Doppelcontourirung unterscheiden, doch lässt die starke Pigmentirung des Pigmentepithels, sowie der benachbarten Theile der *Chorioidea* leider nichts von ihrem weiteren Verlaufe erkennen. Die Stärke des Pigmentepithels bleibt bis zur Iris hin im ganzen Bulbus dieselbe. Ueber die Modifikationen, welche die Schicht im Gebiete der Regenbogenhaut erleidet, vgl. den betr. Abschnitt.

Stadium XI (32 mm). Taf. V. Fig. 61.

Die Pigmentirung der Schicht ist bei diesem Stadium so stark und dicht, dass sich die Mafse der Zellen und Kerne unmöglich mehr auch nur mit annähernder Sicherheit feststellen lassen. Die

Dicke des Pigmentepithels beträgt 0,0081 mm. Die Fortsätze seiner Elemente gegen die Sehzellen hin haben eine Gesamtlänge von 0,0052 mm, wovon 0,0015 mm mit Pigment erfüllt sind. Die der Schicht scheinbar anhängenden abgerissenen Stücke von Stützfasern sind ziemlich zahlreich, doch lässt sich über ihre Beziehung zu der Schicht resp. zu hinter derselben liegenden Gewebstheilen auch auf dieser Entwicklungsstufe wegen der Dichtheit des Pigments absolut nichts feststellen.

Das erwachsene Thier. Taf. V. Fig. 62.

Die Stärke des Pigmentepithels im Augenhintergrund ist sehr schwankend. Sie bewegt sich innerhalb der Grenzen 0,0083 und 0,0178 mm. Auch ein Vergleich der Stärke des Pigmentepithels mit der Länge der Augachse ergibt kein auch nur annähernd gleichmässiges Verhältniss. Man erhält dabei Zahlen wie 1:21,51; 1:45,8; 1:63,7; 1:83,7 ja sogar 1:124,7.

Das Pigmentepithel wird stets aus einer einzigen Lage grosser Zellen gebildet. Ueber die Form der Zellen lässt sich nur in ganz seltenen Fällen etwas aussagen, da die Pigmentirung fast immer so dicht ist, dass sie die ganze Haut gleichmässig erfüllt. Immerhin kommen gelegentlich pigmentärmere Stellen vor, an denen dann die Umrisse der Pigmentepithelzellen durchschimmern. So hatten z. B. in einem Falle dieselben eine Länge (und Tiefe) von 0,01 mm, ihre Dicke, wodurch die Stärke der ganzen Haut gegeben ist, betrug 0,0083 mm; die Kerne besaßen eine Dicke von 0,0044, bei 0,0065 mm Länge und Tiefe. In einem anderen Falle zeigten die Kerne die Verhältnisse 0,007:0,0041 mm, während die Dimensionen der Zellen selbst, mit Ausnahme der 0,0178 mm betragenden Dicke, sich nicht feststellen liessen.

Noch verschiedenartiger, als die Dicke der Zellen, also als die Stärke des Pigmentepithels, gestalten sich die Masse der gegen die *Retina* gerichteten Zellfortsätze. Ihre Maximallänge schwankt nämlich zwischen 0,0063 und 0,014 mm. Im ersten dieser beiden extremen Fälle verhält sich die Länge der bedeutendsten Fortsätze zur Dicke des Pigmentepithels wie 1:2,35, im letzten wie 1,36:1, doch kommt auch das Verhältniss 1:1,46 oder 1,18 nicht selten vor. Es besteht also auch hierin anscheinend nicht die geringste Regelmässigkeit.

Von dem Pigmente der Zelle hat sich stets ein Theil auf den Fortsatz ausgedehnt und dringt in diesem bei den einzelnen Augen mehr oder weniger weit gegen die Netzhaut hin vor. Der gesammte Fortsatz wird aber niemals von Pigment erfüllt, es bleibt vielmehr stets ein längerer, oder kürzerer Distalabschnitt frei. Der pigmentirte Theil des Fortsatzes hat bei den verschiedenen Exemplaren ebenfalls sehr verschiedene Länge. Er schwankt zwischen den äussersten Grenzen von 0,0013 und 0,0055 mm. Eine Vergleichung des pigmentirten Theiles des Fortsatzes mit der Gesamtlänge des letzteren ergibt ebenfalls kein constantes Verhältniss, wenn dabei die Schwankungen auch erheblich geringer sind, als in den eben beschriebenen Augen. Man erhält nämlich die Zahlen 1:1,89; 1:2,4, seltener 1:2,86; in einem einzigen Falle stellte sich das Verhältniss auf 1:5.

Die Fortsätze reichen mit ihren Enden jedenfalls zwischen die Sehzellen hinein. Wie weit sie aber dabei vordringen, vermag ich nicht zu sagen, da in Folge Schrumpfung die Netzhaut sich immer vom Pigmentepithel zurückgezogen hatte.

Zusammenfassung.

Das Pigmentepithel entsteht ausschliesslich aus dem äusseren Blatte der secundären, also ungefähr aus der proximalen Hälfte der primären Augenblase. Es besteht von Anfang, d. h. von der Zeit an, wo die Einstülpung der *Retina* vollendet worden ist, aus einer einfachen Lage mit grossen Kernen versehener, grosser Zellen, die, enge aneinandergelegt, eine sehr regelmässig verlaufende Schicht bilden und, abgesehen von gelegentlichen Schwankungen, im Verlaufe der Entwicklung an Grösse allmählich zunehmen.

In den vorderen Augenpartieen trägt das Pigmentepithel zum Aufbau der Iris und des Ciliarkörpers bei. (Näheres hierüber cfr. in den betreffenden Abschnitten.)

Auf niederer Stufe besitzt die Haut noch keine Spur von Pigment. Bald aber beginnen ihre Zellen, und zwar stets zunächst in ihrem inneren, der *Retina* zugekehrten Theile, solches zu bilden. Es geht diese Entwicklung vom Augenhintergrunde, dorsal vom Opticusaustritte, aus und setzt sich von hier immer zunächst in der dorsalen Hälfte des Pigmentepithels gegen den distalen Augenpol hin fort. Dann beginnt sich auch die ventrale Hälfte der Schicht, ebenfalls von der Gegend des Sehnerven aus, zu pigmentiren, und bald ist das ganze Pigmentepithel von Pigment erfüllt, und zwar so dicht, dass meist die Form seiner Zellen vollständig verdeckt wird. Oft verbreitet sich ausserdem das Pigment noch auf Theile der angrenzenden Schichten, der Augenkapsel, resp. der *Chorioidea*.

Die der *Retina* zugekehrte Fläche der Pigmentepithelzellen ist anfangs ganz glatt. Bald aber beginnen sich von hier aus Zellfortsätze gegen die Sehzellschicht hin zu entwickeln, die anfangs ganz kurz sind, allmählich aber immer länger und stärker werden. Freilich vollzieht sich dieses Wachstum keineswegs in ungestörter Regelmässigkeit, es kommt vielmehr recht häufig vor, dass ein jüngeres Stadium längere, ein älteres kürzere Ausläufer besitzt, im Allgemeinen kann aber doch, wie gesagt, eine Längezunahme derselben mit fortschreitender Ausbildung des Auges constatirt werden.

Das Pigment des Pigmentepithels setzt sich in diese Ausläufer hinein fort. Auf niederen Entwicklungsstufen, wo dieselben noch klein sind, werden sie in der dorsalen Hälfte des Pigmentepithels meist in ihrer ganzen Ausdehnung von Pigment erfüllt, während sie in der ventralen, die ja überhaupt in Bezug auf Pigmentbildung viel weiter zurücksteht, ganz frei davon sind. Bei höher entwickelten Embryonen und beim erwachsenen Thiere ist stets die Spitze der Fortsätze pigmentfrei; eine Grenze, bis zu welcher das Pigment in denselben distalwärts vordringt, lässt sich aber unmöglich feststellen. Bei dem einen Individuum ist ein grösserer, bei dem andern ein kleinerer Theil des Ausläufers pigmentirt. Stets jedoch reicht das Pigment in allen Ausläufern desselben Thieres ungefähr gleichweit distalwärts. Eine Ausnahme machen hievon nur die frühesten Embryonalstufen, auf welchen, wie gesagt, die ungleich langen, in Bildung begriffenen Fortsätze in ihrer ganzen Ausdehnung mit Pigment erfüllt sind. Auch kommt es hier vor, dass die in dieser Beziehung ja weiter fortgeschrittene dorsale Hälfte des Pigmentepithels schon ganz gleichmässige Pigmentausbreitung zeigt, und zwar bis zu einer bestimmten Grenze auch in den Ausläufern, während in der ventralen Hälfte die Pigmentbildung erst begonnen hat, und nur der innere Abschnitt der Zellen, jedoch sammt den ganzen Fortsätzen, pigmentirt ist.

Der verschiedene Grad der Pigmentirung dieser Zellfortsätze ist nun, wenigstens was das ausgebildete Thier betrifft, zweifellos auf den verschiedenen Grad der Belichtung des Auges im Momente

des Todes zurückzuführen. Das Pigment des Pigmentepithels nähert sich, wie längst nachgewiesen, bei starker Belichtung den Sehzellen mehr und benützt als Bahn für diese Bewegung die, selbst unbeweglichen, Fortsätze der Zellen. Bei schwacher Belichtung zieht sich das Pigment zurück. Diejenigen Maulwürfe, die eine starke, weit distalwärts vorgedrungene Pigmentirung jener Ausläufer zeigen, wurden bei stärkerer Beleuchtung getödtet, als andere, bei denen das Pigment nur wenig in die Fortsätze eingetreten erscheint.

Aber auch für die Embryonen scheint mir die verschieden starke Pigmentirung auf dieselbe Ursache zurückzuführen sein. Ich muss betreffs ihrer vorausschicken, dass sie oft ganz frisch getödteten Mutterthieren entnommen wurden, also sehr wahrscheinlich grösstentheils noch am Leben waren und erst in der Conservirungsflüssigkeit abstarben. Ihr Auge war also von Lichtstrahlen getroffen worden und das Pigment der Pigmentlamelle nahm in Folge dessen seine Lichtstellung ein. Andere Embryonen waren schon im Uterus, also in der Dunkelheit, gestorben, in Folge dessen wird das Pigment ihrer Augen die Dunkelstellung aufweisen.

Als Thatsache, welche diese Annahme unterstützt, dient der Umstand, dass bei den grössten Embryonen, die theils lebend, theils todt der Mutter entnommen wurden, stets Dunkelstellung vorhanden war, da ja bei diesen Stadien die Lidspalte durch einen starken Propf geschlossen ist, der dem Lichte immerhin ein bedeutendes Hinderniss entgegenstellt, so dass also, auch wenn die Thiere lebend ans Tageslicht gekommen waren, der Lichtstrahl auf ihr Pigmentepithel keine Wirkung ausüben konnte. Niedrigere Stadien, mit ganz, oder theilweise offener Lidspalte, zeigen Licht- oder Dunkelstellung, je nachdem die Mutter kürzere, oder längere Zeit getödtet war, die Embryonen also lebend, oder todt aus dem Uterus genommen worden waren.

Wie weit die Fortsätze der Pigmentepithelzellen an die Sehzellen resp. die *Limitans externa* heranreichen, vermag ich leider in keinem Falle mit Bestimmtheit anzugeben. Das Auge war stets durch die Einwirkung der Reagenzien etwas geschrumpft und die *Retina* dadurch vom Pigmentepithel zurückgetreten, ohne dass es möglich wäre, anzugeben, wie weit der zwischen *Retina* und Pigmentepithel liegende freie Raum auf diese Ursache zurückzuführen ist, und in wie weit man es mit einem wirklich vorhandenen Reste der primären Augenhöhle zu thun hat. Auch die Untersuchung am frischen Material ergab in dieser Beziehung kein Resultat. Ich habe mich daher genöthigt gesehen, in den Abbildungen das Pigmentepithel eben soweit von der *Retina* entfernt zu halten, wie es sich in meinen jedesmaligen Präparaten darstellt, ohne dass ich damit sagen wollte, dass die in der Zeichnung festgehaltene Distanz auch der Wirklichkeit entspreche.

Retina.

Stadium I (4,5 mm). Taf. IV. Fig. 52.

Das Sehorgan ist hier bereits auf der Stufe der secundären Augenblase und unterscheidet sich in keinem wesentlichen Punkte von demjenigen anderer, ungefähr gleich alter Säugerembryonen. Die beiden Augen zeigen gegen einander keine Verschiedenheit, sind also augenscheinlich in der Entwicklung ganz gleichmässig fortgeschritten.

Im Augenhintergrund besitzt die Netzhaut (exclusive Pigmentepithel) an ihrer dicksten Stelle eine Mächtigkeit von etwa 0,0407 mm. Gegen vorn, d. h. gegen den Augenbecherrand hin, nimmt ihre Stärke allmählich ab; sie misst indessen kurz vor der Umbiegungsstelle, also direkt vor dem Uebergang in das Pigmentepithel, noch 0,0182 mm. Die *Retina* zeigt auf der vorliegenden Stufe noch so gut, wie gar keine Differenzirung in einzelne Schichten. Man kann in ihr zwar zweierlei zellige Elemente: nervöse und bindegewebige unterscheiden, doch sind dieselben so durcheinander gemischt, dass auf Grund ihrer Anordnung hin, wie gesagt, von einer Differenzirung der *Retina* nicht die Rede sein kann. Man darf höchstens sagen, dass im äusseren, proximalen Theile der Netzhaut die nervösen, im inneren, distalen die bindegewebigen Elemente häufiger anzutreffen sind.

Die Nervenzellen messen 0,0074 : 0,0066, ihre Kerne 0,0059 : 0,0048 mm. Auf der äusseren Fläche der Netzhaut zeigen sie eine etwas regelmässigeren Anordnung. Sie drängen sich nämlich hier zu einer ziemlich gleichmässigen Lage, die niemals durch Bindegewebszellen unterbrochen wird, zusammen. Besondere Differenzirung zeigen die Nervenzellen indessen weder hier, noch in den tieferliegenden Netzhautpartieen, wo sie, ganz ohne erkennbare Anordnung zerstreut, bald durch weite Zwischenräume von einander getrennt, bald wieder zu dichter gedrängten Gruppen vereinigt erscheinen. Hier, und zwar je mehr der distalen Netzhautfläche genähert in umso höherem Grade, sind die nervösen Elemente häufig untermischt mit bindegewebigen, die theils durch Zellen, theils durch Fasern dargestellt werden. Besonders das innerste Drittel der *Retina* besteht zum weitaus grössten Theile aus Bindegewebsfasern, die in unmittelbarem Zusammenhang mit den Bindegewebsmassen stehen, welche den Augenbecherraum erfüllen und einen Theil der ersten Glaskörperanlage bilden. (Taf. I, Fig. 2.) Dieser Zusammenhang ist ein so fester und inniger, dass kein Zweifel darüber bestehen kann, dass die stützenden Elemente der Netzhaut — Fasern wie Zellen — von jenen Massen des Glaskörperraumes direkt herkommen, also mesodermalen Ursprungs sind. Eine Abgrenzung des retinalen Bindegewebes gegen das vitreale existirt auf der vorliegenden Entwicklungsstufe nicht; nur ganz schwache Andeutungen davon, in Form einzelner, in horizontaler Richtung eingebogener, unter einander verflochtener und verfilzter Bindegewebsfasern lassen sich an einigen wenigen Stellen constatiren und bilden so die erste Spur einer Sonderung zwischen Netzhaut und Glaskörper, die, wie gesagt, im Uebrigen nicht vorhanden ist.

Bei den Präparaten zeigt sich häufig eine scheinbar deutliche innere (distale) Begrenzung der *Retina* (Taf. II, Fig. 20) in der Art, dass diese, aus dicht gedrängten Zellen und Fasern gebildet, sich scharf gegen den anscheinend leeren, d. h. von zelligen und faserigen Elementen freien Hohlraum des Augenbechers absetzt. Doch ist eine solche Begrenzung eben nur scheinbar. Von der, distal von dem Hauptcomplex der Nervenzellen gelegenen, vornehmlich aus Bindegewebsfasern bestehenden Schicht der *Retina* ragen stets eine Menge der letzteren, wie abgerissen in den „leeren“ Glaskörperraum hinein. In der Nähe der Linse hat sich dann meist noch ein Haufen Bindegewebe zusammengeballt, von dem aus ebenfalls stets eine Menge ganz ähnlicher abgerissener Fasern in den Augenbecher hineinragen, so dass man sich der Ansicht nicht verschliessen kann, dass die beiderseitigen Bindegewebsmassen im Zusammenhange gewesen und nur durch äussere Einwirkungen, wobei man in erster Linie an Schrumpfungerscheinungen zu denken hätte, von einander getrennt worden seien. Für die Richtigkeit dieser Annahme sprechen dann wieder andere Stellen, wo jene Verbindung erhalten geblieben ist.

Eine *Membrana limitans externa* existirt so wenig, wie eine *Membrana limitans interna*. Die

proximale Grenze der Netzhaut wird vielmehr lediglich durch die hier, wie bemerkt, etwas dichter gelagerten nervösen Zellen und die protoplasmatische Grundsubstanz gebildet. Letztere zeigt ihrerseits noch keine Spur einer Verdichtung gegen die Aussenfläche der *Retina* hin.

Sämmtliche beschriebenen Netzhautelemente liegen in einer durch sehr gleichmässig vertheiltes freies Protoplasma gebildeten Masse gleichsam eingebettet. Im distalen Drittel der Netzhaut finden sich in dieser Grundsubstanz vereinzelte kleinere, oder grössere Kernchen, die aus gröberem und dichter gedrängtem Protoplasma gebildet werden. Es handelt sich dabei um Elemente, die im Zerfall begriffen sind und augenscheinlich zu der, in Folge Wachstums der ganzen Netzhaut nothwendig werdenden Vermehrung der Grundsubstanz dienen. Ob diese zerfallenden Kerne nervöser oder bindegewebiger Natur sind, lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Es scheint mir jedoch ihre Form (stets mehr rundlich, niemals langgestreckt) und dann auch die Art, wie sie auf die angewandten Färbemittel reagierten, es ziemlich wahrscheinlich zu machen, dass man es dabei mit nervösen Elementen zu thun hat.

Die Bindegewebsfasern dringen in die Tiefe der Netzhaut und reichen vereinzelt bis an die äusserste, proximale Lage der Nervenzellen: niemals jedoch dringen sie in diese Lage hinein. Sie ziehen sich sehr unregelmässig, stark gewellt nach jeder Richtung hin: von dem gestreckten Verlaufe, wie er z. B. den späteren Müller'schen Fasern eigen ist, lässt sich noch absolut nichts bemerken.

Blut habe ich in der Netzhaut selbst niemals angetroffen.

Stadium II (6,7 mm). Taf. IV. Fig. 53.

Die Netzhaut ist auch auf dieser Entwicklungsstufe noch deutlich erkennbar als inneres Blatt der secundären Augenblase, während das Pigmentepithel das äussere bildet. Sie hat im Augenhintergrunde, d. h. an ihrer dicksten Stelle, eine Mächtigkeit von 0,0429 mm und nimmt gegen den Augenbecherrand hin nur ganz allmählich an Stärke ab. Eine Schichteneintheilung lässt sich in ihr noch nicht durchführen, doch hat sich der schon bei dem vorigen Stadium erkennbare, vorwiegend bindegewebige Theil gegenüber dem dort hauptsächlich aus Nervenzellen gebildeten jetzt insofern weiter differenziert, als ersterer, im Augenhintergrund 0,0167 mm stark, nunmehr ganz frei von nervösem Gewebe ist, man müsste denn einzelne sich in ihm vorfindende, in weit vorgeschrittener Auflösung begriffene Kernchen als solche in Anspruch nehmen. Diese letzteren haben sehr schwankende Grösse, sind aus ziemlich grobem Protoplasma gebildet und erheblich häufiger, als beim vorigen Stadium. Die innere Netzhautabtheilung besteht in der Hauptsache aus Bindegewebsfasern, die grösstentheils mit Zügen der Glaskörperanlage in Verbindung verblieben sind. Ein kleiner Theil der Fasern, der jenen Zusammenhang verloren hat, hat sich indessen jetzt an der distalen Netzhautgrenze stellenweise mit seinen Enden zu einer Art Flechtwerk zusammengethan, das die innere Retinafläche bedeckt. (Taf. V, Fig. 64.) Die so vereinigten Fasern haben also zu den Faserelementen des Vitreum ihre direkten Beziehungen aufgegeben, in die *Retina* hinein setzen sie sich jedoch, ganz wie die übrigen, fort.

Die mesodermalen Faserzüge der Netzhaut durchziehen diese im Wesentlichen in radiärer Richtung, doch kommen auch noch häufige Verzweigungen derselben vor, die, vorübergehend, oder dauernd, irgend welche andere Direktion annehmen können. Auch die radiär verlaufenden sind keineswegs gerade gestreckt, sondern sehr stark gewellt und nach allen Seiten hin gebogen, zeigen also

gegenüber ihrem Verhalten beim nächst jüngeren Embryo so gut, wie gar keine Veränderungen: Einzelne Enden haben jetzt bereits den proximalen Rand der Netzhaut erreicht.

Die Bindegewebszellen sind im inneren Theile der *Retina* wenig zahlreich, sehr reichlich finden sie sich jedoch in der äusseren, proximalen Parthie derselben, wo sie sich häufig bis zwischen die Elemente der äussersten Zellenlage hinein vorgeschoben finden.

Die äussere, vorwiegend nervöse Parthie der *Retina* ist im Augenhintergrunde 0,0262 mm mächtig. Sie setzt sich, abgesehen von den dazwischengestreuten Bindegewebszellen, aus drei, höchstens vier Lagen nervöser Zellen zusammen, von denen jedoch nur die den proximalen Rand einnehmende einen bestimmten Bau zeigt. Die übrigen Nervenzellen liegen unregelmässig, bald zwei, bald drei hintereinander, und sind auch hinsichtlich ihrer gegenseitigen Abstände den weitgehendsten Schwankungen unterworfen. Sie haben rundlich-ovale Gestalt; ihre lange Achse ist stets annähernd senkrecht zur Fläche der Netzhaut gerichtet. Sie messen 0,0081 : 0,0044, ihre Kerne 0,0059 : 0,0037 mm.

Anders verhalten sich die Elemente der proximalsten Zellenlage. Diese sind stets zu einer einfachen Schicht angeordnet, die nur durch gelegentlich sich dazwischen schiebende Bindegewebszellen oder Enden von Bindegewebsfasern unterbrochen wird. Sonst stehen ihre Zellen dicht gedrängt, die lange Achse stets nahezu senkrecht zur Oberfläche der *Retina* verlaufend. Auch die Zellen der Grenzschicht zeigen im Allgemeinen noch keine besondere Differenzirung, doch sind sie in dieser Hinsicht augenscheinlich sehr ungleich weit entwickelt. Während viele von ihnen gegenüber den soeben beschriebenen Elementen der tiefer gelegenen Netzhautparthieen fast gar keinen Unterschied erkennen lassen, haben andere bereits angefangen, sich proximalwärts etwas zu verlängern und reichen dann mit ihren Enden bis an den gleich zu erwähnenden *Margo limitans externus* heran: Einzelne besonders weit vorgeschrittene Zellen dieser Kategorie sind bereits soweit ausgewachsen, dass sie über denselben hinausragen. Während bei den am weitesten zurückgebliebenen Sehzellen, — denn mit solchen hat man es hier zweifellos zu thun — der proximale Pol von dem proximalen ihres Kernes durchschnittlich etwa 0,0011 mm entfernt ist, beträgt diese Distanz bei den am meisten entwickelten 0,0033 mm, es ergibt sich also bereits eine Verlängerung des proximalen Zellabschnittes auf das Dreifache. Diese weitestentwickelten Zellen haben, in seltenen Fällen, auch schon angefangen, sich am distalen Pole in eine scharfe Spitze auszuziehen, ohne jedoch mit Elementen der tieferen Netzhautlagen noch irgendwie in direktem Zusammenhang zu stehen. Eine Differenzirung im Inneren der Sehzellen zeigt sich nur insofern, als dieselben in ihren verlängerten, proximalen Polen von etwas dichterem Protoplasma erfüllt scheinen. Diese dunklere Parthie geht aber ohne jede Grenze, ganz allmählich in den von sehr feinem hellerem Protoplasma gebildeten unveränderten Zellkörper über.

Der erwähnte *Margo limitans externus* wird lediglich durch die Grenze der protoplasmatischen Zwischensubstanz gebildet. Er verläuft ziemlich regelmässig, nur ganz schwach gewellt. Eine Verdichtung der Zwischensubstanz am Margo lässt sich nicht nachweisen.

Stadium III (8,5 mm). Taf. IV. Fig. 55.

Im Augenhintergrund hat die Netzhaut eine Stärke von 0,0555 mm; gegen den distalen Pol zu nimmt sie nur ganz allmählich ab, so dass sie z. B. dorsal, kurz vor der Umbiegung von *Retina* im Pigmentepithel, noch etwa 0,0208 mm misst.

Es lassen sich in der Netzhaut dieses Stadiums vor Allem zwei Haupttheile unterscheiden, und zwar nunmehr mit viel grösserer Schärfe, als bisher: ein äusserer, vorwiegend nervöser, und ein innerer, vorwiegend bindegewebiger. Der erstere ist im Augenhintergrunde 0,0296 mm stark, der letztere hat eine Mächtigkeit von 0,0259 mm. Die Hauptmasse des ersteren machen die Kornzellen aus, die seine mittleren beiden Viertheile aufbauen. Der äussere, proximale Rand der Netzhaut wird von einer einfachen Schicht etwas regelmässiger angeordneter Zellen gebildet, die man jetzt nach Lage und ganzem Aussehen unbedingt als Sehzellen bezeichnen kann. Dieselben haben verschiedenartige Grösse (im Maximum 0,0087 : 0,0052, ihr Kern 0,0052 : 0,0037 mm) und Form, doch herrscht im Allgemeinen die Gestalt ellipsoidischer Körper mit zur Oberfläche der Netzhaut senkrecht stehender Längenchse vor. Sie zeigen meist geringfügige Auswachsungen ihres proximalen Poles, gewöhnlich in Form niedriger gewölbter Kuppen, die zum Theil über die Grenze der protoplasmatischen Zwischensubstanz hinausragen, in der Mehrzahl der Fälle jedoch dieselbe nicht erreichen. Nach der Tiefe der Netzhaut zu gerichtete Auswüchse oder Fortsätze besitzen diese Zellen niemals und demgemäss auch keine direkte Verbindung mit dort sich findenden anderweitigen Elementen. Eine Differenzirung im Inneren der Sehzellen ist insofern vorhanden, als öfters der ausgewachsene Theil von etwas trüberem Protoplasma erfüllt wird. Dieser dichtere Abschnitt hat dann meist eine Form, die sich auf der Länge nach geschnittenen Sehelementen als halbmondförmige Endparthie darstellt, welche, seltener mit allmählichem Uebergang, öfter ziemlich unvermittelt, wenn auch ohne allzu scharfe Grenze, in den übrigen Zellenleib sich fortsetzt.

Die Grenze der protoplasmatischen Zwischensubstanz der Netzhaut verläuft sehr unregelmässig gewellt. Sie ist etwas verdichtet und mag als *Margo limitans externus* bezeichnet werden.

Auch die Körnerzellen sind nicht immer von denselben Dimensionen, doch zeigen sie entschieden in dieser Hinsicht eine grössere Regelmässigkeit, so dass man bei ihnen als durchschnittliche Achsenlänge 0,0066 : 0,0061, für den Kern 0,0048 : 0,0044 mm festhalten kann. Die Richtung ihrer langen Achse ist höchst verschiedenartig: für die äussersten, den Sehzellen am meisten genäherten Kornzellen verläuft dieselbe noch annähernd senkrecht zur Oberfläche der Netzhaut, also parallel zur Längenchse der Sehzellen, bei den tiefer gelegenen jedoch lässt sich in dieser Hinsicht absolut keine bestimmte Anordnung mehr erkennen. Auf Grund dieses, allerdings geringfügigen Unterschiedes hin könnte man vielleicht schon auf vorliegender Entwicklungsstufe eine Trennung der Körnerschicht in eine äussere, welcher die etwas gleichmässiger angeordneten Kornzellen angehören würden, und eine innere, zu welcher die distal davon gelegenen, einer solchen Anordnung entbehrenden zu zählen wären, durchführen.

Den distalen Rand des äusseren Retinatheiles bilden ganz anders geartete Zellen. Dieselben sind stets kugelig mit einem Durchmesser von 0,0082 mm; ihr Kern hat einen solchen von 0,0061 mm. Sie haben nach allen Seiten, besonders jedoch proximal- und distalwärts, höckerartige Auftreibungen, die in einzelnen Fällen bereits zu deutlichen, freilich noch sehr kurzen Fortsätzen geworden sind. Sie zeigen unverkennbar ganglionären Typus und sehe ich in ihnen die „inneren Ganglienzellen.“ Zwischen ihnen und den Körnerzellen finden sich ausserdem ziemlich häufig noch andere zellige Elemente, die einerseits mit den Körnern, andererseits mit den eben geschilderten Ganglienzellen Aehnlichkeit haben. Sie sind etwas grösser, als die Kornzellen, und ihre Form nähert sich der Kugel mehr, als bei diesen. Ihre Zellmembran zeigt, wie bei den inneren Ganglienzellen, höckerartige Auf-

treibungen nach allen Seiten, jedoch, was Zahl und Grösse betrifft, in viel geringerem Masse auffallend, als dort. Es sind allem Anscheine nach Zwischenstufen zwischen den jedes ganglionären Aussehens entbehrenden, weiter distal gelegenen Körnerzellen und den bereits deutlich als solche erkennbaren, inneren Ganglienzellen, welche letzteren also demnach als in bestimmter Richtung weiter entwickelte Körnerzellen zu betrachten sind. Die inneren Ganglienzellen finden sich jedoch an der angegebenen Stelle keineswegs im Bereiche der gesamten Netzhaut, sie sind vielmehr auf die den Augenhintergrund einnehmenden Theile derselben beschränkt; über das Niveau des Bulbusaequators reichen sie nicht hinaus. Etwas weiter in dieser Richtung finden sich auch die erwähnten Zwischenstufen, die ich als Reservezellen der inneren Ganglienzellen bezeichnen möchte, doch sind auch sie schon eine Strecke vor der proximalen Grenze des distalen Augendrittheils bereits nicht mehr anzutreffen.

Die innere Netzhautzone zeichnet sich vor der äusseren vor Allem durch eine gewisse Zellarmuth aus. Von nervösen Elementen treten an ihrem distalen Rande wohlentwickelte Ganglienzellen auf, die sich indessen auf die Umgebung des Opticusaustritts beschränkt finden und distalwärts nirgends über das proximale Bulbusdrittel hinausgehen. Sie haben kugelige Gestalt mit einem Durchmesser von 0,0089 mm; ihr entsprechend geformter Kern besitzt einen solchen von 0,0066 mm. Ihre proximalwärts gerichteten, höckerförmigen Auftreibungen sind in einzelnen Fällen zu deutlichen, kurzen Ausläufern geworden. Distalwärts senden sie stets einen einzigen, starken Fortsatz, der sofort im rechten Winkel umbiegt und parallel der inneren Retinafläche in der Richtung auf den Augenblasenstiel hinzieht: Dieser starke Fortsatz ist zweifellos als Sehnervenfaser, und die ihn aussendenden Zellen daher als Opticusganglienzellen aufzufassen.

Lateralwärts gerichtete Ausläufer, oder auch nur eine entfernte Andeutung von solchen, haben dieselben niemals.

Einzelne von den beschriebenen Ganglienzellen liegen nicht, wie die meisten anderen, in Nähe des distalen Retinarandes zu einer ziemlich regelmässigen Lage angeordnet, sondern finden sich mehr in die Tiefe der Netzhaut gerückt, zuweilen bis zur Mitte von deren innerer Hälfte. Diese, sonst in keiner Weise von den übrigen Opticusganglienzellen verschiedenen Elemente zeichnen sich dadurch aus, dass ihr distaler Hauptfortsatz nur in seltenen Fällen den distalen Netzhautrand erreicht, um dann mit den übrigen Opticusfasern hinzuziehen, sondern dass er sich nur bis etwa auf's Niveau des Aequators der anderen Opticusganglienzellen verfolgen lässt, dann aber plötzlich aufhört. Man hat es bei den dieses Verhalten zeigenden Zellen mit einer erst in der Entwicklung begriffenen Nervenfaser und einer auf noch tieferer Stufe stehenden Opticusganglienzelle zu thun.

Wie ich die Zwischenstadien zwischen Körner- und inneren Ganglienzellen als Reservezellen der letzteren bezeichnet habe, so möchte ich für die eben beschriebenen, unfertigen Opticusganglienzellen die Benennung Reserveopticusganglienzellen anwenden und damit in beiden Fällen Elemente bezeichnen, welchen die im Laufe des weiteren Augenwachsthums nothwendig werdende Verstärkung der betreffenden Retinaschichten als Aufgabe zufällt.

Ausser den beschriebenen nervösen Bestandtheilen besitzt die *Retina* auch bindegewebige, die ja schon beim vorigen Stadium vorhanden waren: nämlich Stützzellen und Stützfäsern. Die ersteren sind durch die gesamte Netzhaut ziemlich gleichmässig vertheilt. Zwischen die Sehzellen sind sie nur in ganz seltenen Fällen eingedrungen und reichen dann niemals über den *Margo limitans*

externus hinaus. Sie haben eine Länge von 0,0133, bei einer Breite von 0,0044 mm; ihre Kerne messen 0,0081 : 0,0029 mm.

Die Stützfaseren sind in der inneren Abtheilung der *Retina* weit zahlreicher, vielfach verzweigt und stark gewellt, überhaupt in ihrer Richtung sehr unregelmässig. In der äusseren zeigen sie einen weit strafferen Verlauf, wenn sie auch noch lange nicht so geradegestreckt sind, wie wir sie bei grossen Embryonen und beim erwachsenen Thiere als fertige Müller'sche Fasern wiederfinden werden. In der inneren Netzhautparthie sind die Fasern den Stützzellen zuweilen nur angelegt, in der äusseren kommen ausschliesslich solche Fasern vor, die sich als einfache Auswachsungen der Stützzellenpole darstellen. Sie lassen sich häufig noch zwischen den Sehzellen hindurch verfolgen und ragen über den *Margo limitans externus* hinaus in den freien Raum zwischen Retina und Pigmentepithel hinein, ohne jedoch das letztere zu erreichen.

Am inneren Rande der Netzhaut hat sich stellenweise aus den verflochtenen und verfilzten Distalenden der retinalen Bindegewebsfasern eine feste Grenzschrift, die spätere *Membrana limitans interna* herausgebildet. Die Bezeichnung Membran verdient sie jedoch noch nirgends, da sie auf den ersten Blick deutlich ihre Zusammensetzung aus vielen, feinen Fasern erkennen lässt. Dieses Gebilde ist aber, wie gesagt, erst stellenweise deutlich, und zwar vorwiegend in dem distalen Theile des Bulbus. Die Stützfaseren nehmen dann in irgend einem der die fragliche Anlage bildenden, feinen Bindegewebsfäserchen ihren Ursprung, ziehen sich zunächst, eine kurze Strecke weit dem inneren (proximalen) Rande der Gewebsschrift angelagert, parallel zu dieser hin und schlagen dann, unter mehr oder weniger scharfem Winkel umbiegend, ihren Weg quer durch die Netzhaut hindurch ein. Je näher dem Augenhintergrund, desto seltener trifft man deutliche Stücke der Limitans-Anlage und die Bindegewebsfasern der *Retina* stehen, wo sie fehlt, in deutlichem Zusammenhang mit den faserigen Bestandtheilen der peripherischen Glaskörperparthieen.

In der Gegend des Opticusaustritts, rings um diesen herum, hat sich zwischen den distalen Rand der *Retina* und die Anlage der *Limitans interna* eine Bindegewebschrift, scheibenförmig, von schwankender, aber stets sehr geringer Ausdehnung, eingeschoben, die, wie deutlich erkennbar ist, ihr Material aus den Bindegewebsmassen der foetalen Augenspalte bezogen hat. Blutgefässe finden sich in dieser neuen Netzhautlage, wie ich mit Sicherheit behaupten kann, nicht vor.

Stadium IV (10 mm). Taf. IV. Fig. 55.

Nunmehr besitzt die Netzhaut im Augenhintergrunde eine Stärke von 0,0525 mm. Sie nimmt gegen den Augenbecherrand hin etwas ab, doch geschieht dies nur ganz allmählich; kurz vor der Grenze zwischen eigentlicher *Retina* und ihrem Iristheil, die sich schon auf dieser Entwicklungsstufe unschwer erkennen lässt, misst die Netzhaut noch dorsal 0,0221, und ventral 0,0286 mm.

Die Eintheilung in zwei Hauptschriften lässt sich auch jetzt noch aufrecht erhalten: es unterscheidet sich eine äussere, vorwiegend nervöse Schrift von einer inneren, an deren Aufbau Bindegewebelemente einen hervorragenden Antheil nehmen. Die äussere kann man nach den ihre grosse Masse ausmachenden Bestandtheilen als Körnerschrift schlechtweg bezeichnen. Für die innere hatte ich bei den früheren Stadien die Benennung „Bindegewebsfaser Schrift“ gebraucht; die nervösen Elemente treten aber nun, in Folge der starken Vermehrung der Ganglienzellen, dergestalt in den

Vordergrund, dass jener Name nicht mehr zutreffend erscheint: ich möchte an seine Stelle deshalb lieber die Bezeichnung: „Schicht der Bindegewebsfasern und Opticusganglienzellen“ setzen, die freilich etwas schwerfällig klingt, aber meines Erachtens am ehesten noch das Wesen der Sache trifft.

Die Körnerschicht besitzt eine Gesamtstärke von 0,0348 mm. Die Körnerzellen, die, wie gesagt, zu ihrer Zusammensetzung das Meiste beitragen, haben ziemlich mannigfaltige Gestalt. Im Allgemeinen scheint die Kugelform vorzuherrschen, und die Zellen erreichen dann im Maximum einen Durchmesser von 0,0081, ihr Kern einen solchen von 0,0055 mm; daneben kommen indessen auch kleinere Zellen dieser Art vor. In zweiter Linie finden sich rundlich-ovale Körnerzellen von verschiedener Grösse. Die ansehnlichsten zeigen die Dimensionen 0,0086 : 0,0075 mm für die Zelle, 0,0059 : 0,0051 mm für den Kern. Die beiden Formen von Körnerzellen kommen bunt durcheinander gemischt vor; im Allgemeinen gewinnt man aber dabei doch den Eindruck, als ob die rundlich-ovalen in der Gegend der proximalen, die kugeligen in der Nähe der distalen Grenze der Schicht etwas dominieren würden.

Den proximalen Rand der Körnerschicht, und also der ganzen Netzhaut, nehmen in einfacher Lage die Sehzellen ein. Sie sind nun als solche grösstentheils ganz unzweifelhaft zu erkennen, vor Allem durch ihre proximalwärts gerichteten Auswachsungen. Diese haben bei den weiterentwickelten Elementen ebenfalls noch die Form eines kuppelförmigen Aufsatzes, doch ist derselbe jetzt viel höher geworden und stets von dichterem, dunklerem Protoplasma erfüllt, das sich gegen den helleren Inhalt der Zelle selbst scharf absetzt. An einzelnen, im Wachsthum ganz besonders vorausgeeilten Sehzellen hat sich diese Kuppel erheblich verlängert und zugespitzt, so dass ein kegelförmiges Gebilde als proximale Fortsetzung der Zelle entstanden ist. Ausschliesslich bei diesen Zellen erscheint zuweilen auch der distale Pol etwas zugespitzt, gelegentlich schon in einen ganz kurzen Faden ausgezogen, ohne dass jedoch dadurch eine Verbindung mit anderen Zellen hergestellt würde. Die innere Differenzirung ist für die Kegelzellen dieselbe, wie bei den Kuppelzellen: auch in ihnen ist der ausgewachsene Theil dichter, dunkler und damit gegen die übrige Zelle scharf abgesetzt, ohne dass jedoch die Grenze durch eine eigentliche Membran (die sich in den Schnittpräparaten als Linie darstellen müsste) markirt wäre.

Neben den beiden beschriebenen Arten finden sich auch noch weniger entwickelte Formen von Sehzellen. Es sind dies entweder flache Kuppelzellen, so, wie sie beim vorigen Stadium vorherrschten, oder auch Zellen, die noch gar keine Auswachsung erkennen lassen und sich lediglich durch eine leichte Trübung ihres proximalen Poles, sowie durch ihre etwas bedeutendere Grösse und ihre Lage von den benachbarten Körnerzellen unterscheiden.

Mafse anzugeben ist bei der grossen Verschiedenheit der Ausbildungsstufen, auf welchen die Sehzellen stehen, nicht möglich: Eine gewisse Regelmässigkeit zeigen nur die Kerne der hohen Kuppel- und der Kegelzellen, für welche man die Dimensionen 0,0074 : 0,0052 mm festzustellen im Stande ist. Ausserdem könnte man noch für die jüngsten, den Körnerzellen am ähnlichsten Sehzellen die Mafse 0,0087 : 0,0052, Kern 0,0069 : 0,0048 mm festhalten, doch sind damit eben nur Durchschnittswerthe gegeben, da sehr häufig bald grössere, bald kleinere Individuen dazwischen vorkommen. Um indessen doch einen ungefähren Begriff auch von den Sehzellen zu geben, verzeichne ich die Mafse der beiden Extreme, also der am weitesten entwickelten und der am meisten zurückgebliebenen Sehzellen, die ich constatiren konnte. Die höchst ausgebildete Kegelzelle hat eine Länge von 0,0131 mm. Davon kommen 0,0041 mm auf den von der übrigen Zelle deutlich abgesetzten Auswuchs. Die Dicke der

Sehzelle beträgt 0,0063 mm. Der eiförmige Kern zeigt die Mafse 0,0074:0,0052 mm. Die am wenigsten entwickelte Sehzelle zeigt Form und Mafse der Körnerzelle und ist ja offenbar auch nichts anderes, als eine solche.

Die Schicht der Sehzellen verläuft übrigens sehr unregelmässig. Bald liegen die Elemente unmittelbar am Rande der Netzhaut und berühren denselben mit dem proximalen Pole ihrer Auswachsungen, bald ragen sie mit demselben darüber hinaus, oder aber erreichen ihn lange nicht. Eine Regel lässt sich auch hierin nicht erkennen. Zwar sind es immer die am weitesten entwickelten, also die Kegelzellen, die auch am weitesten in den Raum zwischen Retina und Pigmentepithel hineinreichen, im Uebrigen aber kann hier einmal eine noch ganz unentwickelte Sehzelle hart an der Grenze der Netzhaut liegen, während eine hohe Kuppelzelle weit dahinter zurückbleibt, und dicht daneben kann dann das umgekehrte Verhältniss in Erscheinung treten. Eine gewisse Gesetzmässigkeit zeigt nur die Richtung der Zellen: ihre lange Achse verläuft stets ganz, oder doch nahezu senkrecht zur Netzhautfläche: eine Ausnahme davon machen allein einige der jüngsten, wenigstentwickelten Sehzellen, deren lange Achse zuweilen eine Neigung bis zu 45° zur gewöhnlichen Richtung zeigt. Wirkliche, unveränderte Körnerzellen finden sich zwischen den Sehzellen, wenigstens in den Parthieen des Augenhintergrundes, nur selten.

Der proximale, äussere Rand der Netzhaut wird dargestellt durch die Grenze der protoplasmatischen Zwischensubstanz und verläuft, wenn auch noch ziemlich wellig, doch immerhin erheblich regelmässiger, als beim vorigen Stadium. Das freie Protoplasma zeigt hier eine merkliche Verdichtung.

Den inneren Rand der äusseren Retinaabtheilung nehmen Ganglienzellen in einfacher, ziemlich regelmässiger Lage ein. Dazwischen finden sich gelegentlich Körnerzellen eingeschoben, die an dieser Stelle immer der kugeligen Art angehören. Die Ganglienzellen sind in der Entwicklung erheblich vorgeschritten. Ihre höckerartigen Auftreibungen sind zwar kaum zahlreicher, aber entschieden deutlicher und höher geworden: Eigentliche Fortsätze haben sich daraus jedoch, wenigstens bei den proximalwärts gerichteten, noch nicht entwickelt. Auch für die distalen Höcker gilt im Allgemeinen dasselbe. Nur in ganz vereinzelt Fällen hat eine solche innere Ganglienzelle einen einzelnen wirklichen Ausläufer gebildet und tritt dann durch diesen in Verbindung mit einer der Ganglienzellen der inneren Netzhautparthie. Die inneren Ganglienzellen sind kugelig, ihr Kern desgleichen; die Zelle hat einen Durchmesser von 0,0092, der Kern von 0,0067 mm. Sie finden sich auch beim vorliegenden Stadium nicht in der Ausdehnung der gesamten Netzhaut. In den Parthieen des Augenhintergrundes sind sie zahlreich und stehen dichtgedrängt, nur ganz selten schieben sich hier Körnerzellen zwischen sie ein. Etwa von der Gegend des Augenaequators ab finden sich die letzteren dann zwischen den Ganglienzellen immer häufiger; im Niveau der proximalen Grenze des distalen Augendrittels sind sie bereits in der Mehrzahl, und eine kurze Strecke weiter gegen den Augenbecherrand hin verschwinden die inneren Ganglienzellen endlich ganz. Zwischenformen zwischen diesen und den Körnerzellen sind nirgends vorhanden.

Der innere Netzhauttheil hat im Augenhintergrund eine Stärke von 0,0177 mm. Gegen den distalen Augenpol hin nimmt er, ziemlich rasch, stetig ab, bis er, etwa an der Proximalgrenze des distalen Augenviertels, vollständig verschwindet. Von dort ab wird die *Retina* ausschliesslich durch die Körnerschicht gebildet.

Am inneren Rande der *Retina*, demselben jedoch niemals weiter, als bis auf 0,004 mm ge-

nähert, liegen Ganglienzellen, die im Augenhintergrund eine ziemlich regelmässige Lage bilden, aber nicht enge aneinander gedrängt, sondern stets durch kleine Abstände getrennt sind. Diese Zwischenräume werden in den mehr nach dem Augenbecherrande hin gelegenen Theilen des Netzhautinnenrandes immer grösser, und schon an der distalen Grenze des proximalen Augendrittels sind die Ganglienzellen ganz verschwunden. Das gilt für die ventrale und laterale *Retina*, dorsal finden sich die Ganglienzellen noch etwas weiter gegen den Augenaequator hin. Sie sind kugelig und haben einen Durchmesser von 0,0096 mm; ihr gleichfalls kugeliger Kern besitzt einen solchen von 0,0070 mm. Ihre proximalwärts gerichteten Höcker sind sehr bedeutend und haben sich vielfach zu richtigen Ausläufern entwickelt. Zuweilen ist einer derselben bereits besonders stark ausgebildet und die Zelle tritt durch diesen in Verbindung mit einer der inneren Ganglienzellen. Es geschieht dies in der Art, dass von den beiderseits gegen einander abgesandten Ausläufern zwei verschmelzen und einen einzigen, feinen Nervenfasern bilden, der sich dann zwischen den beiden Zellen ausspannt. Ich möchte bereits an dieser Stelle aufs Ausdrücklichste betonen, dass die Leitung zwischen den Opticusganglienzellen — denn als solche sind ja die Ganglienzellen des inneren Netzhautrandes zu betrachten — und Ganglienzellen tiefer gelegener Retinaschichten, hier also inneren Ganglienzellen, immer in Form einer direkten Verbindung der beiden Zellen, niemals nur durch Kontakt, also durch einfaches Aneinanderlegen der beiderseitigen Fortsätze zu Stande kommt. Eine solche direkte Verbindung ist schon auf der vorliegenden Entwicklungsstufe vorhanden: zwar nur ganz selten, dann aber immer mit grosser Deutlichkeit nachweisbar.

Distalwärts senden die Opticusganglienzellen je einen einzigen, wohlentwickelten Fortsatz aus: die Opticusfaser, die sich in der bekannten Weise zunächst parallel dem Netzhautinnenrande gegen ihren Sammelplatz zum Sehnerven hinzieht, um dann unter rechtem Winkel umzubiegen, mit den übrigen zu einem Bündel vereinigt die *Retina* quer zu durchsetzen und im so gebildeten Nervus opticus aus dem Bulbus auszutreten. Zwischen Opticusganglienzellen und inneren Ganglienzellen, im Allgemeinen den letzteren etwas näher, liegen noch andere kugelige Ganglienzellen. Dieselben besitzen 0,0074, ihre Kerne 0,0055 mm Durchmesser. Sie haben nach allen Seiten hin, besonders aber distal- und proximalwärts höckerartige Auftreibungen, die indessen entschieden weniger weit entwickelt sind, als bei den beschriebenen beiden anderen Arten. Es sind dies meines Erachtens die schon beim letzten Stadium zu constatirenden Reserveopticusganglienzellen. Sie erstrecken sich in der Netzhaut etwas weiter gegen den vorderen Augenpol zu, als die Opticusganglienzellen selbst, doch lange nicht so weit, wie die inneren Ganglienzellen. In der dorsalen *Retina* reichen auch sie etwas weiter, als in der ventralen.

Ausserdem kommen noch in der inneren Retinaparthie, und zwar besonders in den Theilen, in denen die Ganglienzellen spärlicher auftreten, kernartige Zusammenballungen von grobkörnigem dunklem Protoplasma vor, die ich als Reste zerfallener Zellen, bestimmt zur Vermehrung der Grundsubstanz, ansehe. Ihrer Form nach zu urtheilen, scheinen sie mir nervösen Zellen ihren Ursprung zu verdanken.

Zwischen den gangliösen Elementen verlaufen reichliche Züge von Bindegewebsfasern und zwar ziemlich unregelmässig. Es lassen sich zwar einzelne stärkere Fasern erkennen, welche die ganze *Retina* ziemlich direkt quer durchziehen und schliesslich, neben den Sehzellen durchtretend, in den Raum zwischen Netzhaut und Pigmentlamelle hineinragen; ausserdem aber finden sich in der inneren Retinaparthie noch zahlreiche andere Bindegewebsfasern, die, nach allen Seiten gerichtet, theils

Verzweigungen der Hauptstämme darstellen, theils aber mit diesen in gar keinem Zusammenhang zu stehen scheinen. Schwache Seitenzweige der Hauptfasern zeigen sich auch im Gebiete der Körnerschicht da und dort.

Eine *limitans interna* existirt im Augenhintergrunde nicht; ihre Stelle vertritt noch das früher geschilderte, ziemlich weitmaschige Flechtwerk, das aus den distalen Enden der retinalen Bindegewebszüge sich herstellt. Häufig lassen sich einzelne Fasern der letzteren durch die Limitansanlage durch in den Glaskörper hinein verfolgen, mit dessen Bindegewebszügen sie im Zusammenhang stehen. Anders verhält sich die Sache an den im Auge mehr nach vorn gelegenen Theilen des inneren Retinrandes. Hier hat sich bereits eine deutliche *Limitans interna* gebildet, wenn dieselbe auch noch nicht als Membran bezeichnet werden darf, da sie ihre Zusammensetzung aus feinen Fäserchen immer noch unzweifelhaft erkennen lässt. Die Radiärfasern des retinalen Bindegewebes stehen mit ihr in der für das vorige Stadium geschilderten Weise in Zusammenhang. Die *Limitans interna* reicht, von dem Augenbecherrande ausgehend, auf der Innenfläche der *Retina* proximalwärts etwa bis in die Gegend, wo die ersten Opticusganglienzellen auftreten. Hier hört sie plötzlich auf und ihre Stelle vertritt das erwähnte Flechtwerk.

Bindegewebige Stützzellen finden sich in der inneren Netzhautabtheilung auffallend wenige. Etwas häufiger treten sie in den distalen Lagen der Körnerschicht auf und werden dann in deren proximalem Abschnitte ziemlich zahlreich. Sie schieben sich vereinzelt zwischen die Sehzellen ein, erreichen jedoch niemals den Margo *limitans externus*. Sie haben die charakteristische Spindelform und besitzen eine Länge von 0,0103 mm bei 0,0037 mm Dicke, ihre Kerne sind 0,0074 mm lang und 0,0022 mm dick. Stets sind sie, entsprechend den Hauptfasern, mit ihrer langen Achse senkrecht zur Netzhautfläche gerichtet. In den meisten Fällen sind sie den Stützfasern nicht angelagert, sondern die letzteren stellen sich als direkte Auswachsungen der ersteren dar. Es tritt dies jedoch hier nicht mehr in der Art zu Tage, dass die Faser eine einfache Verlängerung der Zellpole bildet, sondern vielmehr so, dass sie neben den Zellpolen aus der Seitenwand der Zelle ihren Ursprung nimmt.

Auch die im Umkreis des Opticusaustrittes dem Innenrande der *Retina* aufgelagerte Bindegewebsschicht, die, wie beim vorigen Stadium gezeigt wurde, den Gewebszügen der foetalen Augenspalte ihren Ursprung verdankt, ist vorhanden, erscheint aber, auffallenderweise, viel schwächer angelegt, als früher. Ventral ist sie kaum nachzuweisen, dorsal tritt sie etwas mächtiger auf. Blut habe ich darin nicht entdecken können.

Stadium V (11 mm). Taf. IV. Fig. 56.

Die *Retina* hat auf dieser Stufe im Augenhintergrund eine Mächtigkeit von 0,0851 mm. Nach vorn zu wird sie nur ganz allmählich etwas schwächer, bis sie, dorsal 0,113, ventral 0,1033 mm vom Augenbecherrande entfernt, ziemlich unvermittelt in die pars retinalis Iridis übergeht, die hier, an ihrem Anfange, dorsal, wie ventral 0,028 mm stark ist.

Die Körnerschicht des vorigen Stadiums hat sich jetzt in zwei deutlich unterschiedene Abtheilungen, eine äussere und eine innere Körnerschicht getheilt; die „Schicht der Bindegewebsfasern und Opticusganglienzellen“ hat sich im Allgemeinen nicht in weitere Lagen differenzirt, nur

in der Gegend des Sehnervenaustritts ist es, wie weiter unten gezeigt werden wird, zur Bildung einer neuen, besonders ausgeprägten Netzhautabtheilung gekommen.

Die innere Körnerschicht ist im Augenhintergrund 0,0274 mm stark und behält diese Dicke bis zum Beginne des Iristheils, wo sie plötzlich aufhört. Sie besteht in ihrem Haupttheile aus einer ganzen Anzahl verschiedener Zellarten. Die erste derselben bilden die unveränderten Körnerzellen, die der Zahl nach etwa die Hälfte aller zelligen Elemente darstellen. Sie sind stets rundlich-oval und zeigen die Mafse 0,0063:0,0048, ihre Kerne 0,0052:0,0037 mm. Die lange Achse ist mehr oder weniger senkrecht zur Fläche der Netzhaut gerichtet. Die inneren Körnerzellen sind ziemlich unregelmässig durch die Schicht zerstreut, bald sind sie zu kleinen Gruppen vereinigt, bald fehlen sie wieder auf kurze Strecken vollständig. Sie finden sich allenthalben zwischen den übrigen Zellen vor.

Die zweite Zellart der inneren Körnerschicht repräsentiren kuglige Ganglienzellen, welche den inneren, distalen Rand derselben einnehmen: die inneren Ganglienzellen des vorigen Stadiums. Sie haben 0,0111, ihr Kern 0,0053 mm Durchmesser und bilden eine einfache, ziemlich regelmässig angeordnete Lage, die nur gelegentlich durch innere Körnerzellen unterbrochen wird. Sie haben nach allen Seiten jene höckerartigen Auftreibungen ausgebildet, von denen die proximal gerichteten nunmehr sämmtlich zu feinen, aber noch ganz kurzen fadenförmigen Ausläufern sich entwickelt haben, während die übrigen, mit Ausnahme eines einzigen, distalen Hauptfortsatzes, keinen Fortschritt zeigen. Dieser letztere, durch den sie mit den Opticusganglienzellen in Zusammenhang treten, findet sich jetzt in viel zahlreicheren Fällen ausgebildet, wenn auch freilich noch lange nicht alle inneren Ganglienzellen denselben erkennen lassen. Proximal von den beschriebenen treten, jedoch viel spärlicher, andere Ganglienzellen auf, welche in ihrer Gestalt viel Aehnlichkeit mit den ersteren haben und als Vorstufen zu denselben aufzufassen sein dürften. Sie sind in der Mehrzahl ebenfalls kugelig, mit einem Durchmesser von 0,01 (Kern 0,0063) mm; doch kommen daneben auch rundlich-ovale vor, welche die Mafsverhältnisse 0,0011:0,0089 mm aufweisen, während ihr Kern 0,0074 mm lang und 0,0052 mm dick ist. Ihre nach allen Seiten gerichteten, sehr deutlichen Höcker haben sich indessen noch nirgends zu Fortsätzen entwickelt.

Eine weitere Art von Ganglienzellen nimmt den proximalen Rand der inneren Körnerschicht ein. Dieselben, ebenfalls kugelig, sind 0,007 mm dick, bei einem Kerndurchmesser von 0,0048 mm. Von ihren, sich im ganzen Umfange findenden Höckern sind nur einige wenige, distalwärts gerichtete, zu ganz kurzen, zarten Fortsätzen ausgewachsen. Ich sehe in ihnen die „äusseren Ganglienzellen“ der Schicht. Zwischen ihnen finden sich sehr zahlreich die inneren Körnerzellen eingelagert. Wie an die inneren Ganglienzellen proximal, so schliessen sich an die äusseren distal andere, augenscheinlich noch weniger weit entwickelte, ganglienzellenartige Elemente an. Hier herrscht nun aber die rundlich-ovale Form entschieden vor, und die Zellen messen dann 0,0065:0,0056, ihre Kerne 0,0050:0,0042 mm. Dazwischen finden sich indessen auch vereinzelt kugelige Ganglienzellen, die, bei 0,0046 mm Kerndurchmesser, 0,0060 mm dick sind. Beide, die kugeligen, wie die rundlich-ovalen, haben nur ganz schwache, allseitige Höckerauftreibungen; von wirklichen Fortsätzen zeigen sie nirgends eine Spur. Ich halte sie für Ersatzelemente der äusseren Ganglienzellen.

Äeussere, wie innere Ganglienzellen finden sich in der gesammten eigentlichen Netzhaut, im Augenhintergrunde sowohl, als in den dem Augenbecherrande genäherten Theilen derselben, doch stehen sie dort entschieden dichter gedrängt, als hier. Die Reservezellen beider Lagen erstrecken sich

indessen nicht bis zum Anfange der pars retinalis Iridis nach vorne, sondern finden sich, je weiter vom Hintergrunde des Auges entfernt, desto weniger zahlreich und verschwinden etwa im Niveau des Bulbusaequators bereits vollkommen.

Ausser den beschriebenen nervösen Zellen finden sich in der inneren Körnerschicht noch Bindegewebelemente, von denen unten die Rede sein wird.

Proximal schliesst sich an die eben behandelte Schicht die äussere Körnerschicht an, die wesentlich einfacher gebaut ist. Sie misst im Hintergrunde des Auges 0,033 mm in der Dicke und bewahrt diese Mächtigkeit bis zum Uebergang der Netzhaut in ihren Iristheil vollständig. Es lassen sich in ihr nur zwei Arten von nervösen Zellen unterscheiden. Die grosse Masse der Schicht bilden die äusseren Körnerzellen, die in Bau und Grössenverhältnissen den inneren vollkommen gleich sind. Ihre lange Achse verläuft ebenfalls stets ganz, oder doch nahezu senkrecht zur Oberfläche der *Retina*, doch kommt es mir vor, als ob in den mehr im Inneren der Netzhaut gelegenen Körnerzellen Abweichungen von dieser Richtung etwas häufiger vorkämen, als bei den der proximalen Grenze der Schicht genäherten.

Die zweite Zellart der äusseren Körnerschicht stellen die Sehzellen dar, die nur wenige Fortschritte gegenüber dem letzten Stadium erkennen lassen. Sie liegen an dem proximalen Rande der Schicht in einfacher Lage, doch sind sie keineswegs sehr regelmässig angeordnet, sondern häufig durch grössere, oder kleinere Zwischenräume, in die sich nicht selten Bindegewebszellen eingeschoben haben, getrennt. Was ihre Form betrifft, so ist als einziges Merkmal der Weiterentwicklung hervorzuheben, dass alle ziemlich in die Länge gezogen, und stets an ihrem distalen Pole zugespitzt sind. Einen distalen Fortsatz haben freilich nur ganz vereinzelte Exemplare, und dann ist derselbe ganz kurz und ohne jeden Zusammenhang mit anderen Elementen. Die proximalen Auswachsungen haben sich nur wenig weiter gebildet. Die Form des Kegels findet sich zwar jetzt entschieden häufiger, als früher, vorherrschend ist indessen die hohe Kuppelgestalt, und auch die flache Kuppel findet sich noch häufig. Die innere Differenzirung der Kegel- und Kuppelauswüchse zeigt keine Veränderung gegen das vorige Stadium. Masse lassen sich auch hier für die Sehzellen nicht angeben, da sie augenscheinlich sehr verschiedenen Alters sind und daher die mannigfaltigsten Dimensionen zeigen. Ich begnüge mich deshalb hier wieder damit, die Grössenverhältnisse der Extreme festzustellen. Der Kern der weitestentwickelten Sehzelle, die ich finden konnte, hat etwa die Form eines Keiles mit distalwärts gerichteter Spitze. Er misst an seiner breitesten Stelle 0,0037 und hat eine Länge von 0,0059 mm. Die spindelförmige Zelle ist im Ganzen 0,0109 mm lang; davon kommen auf die Auswachsung (gemessen vom proximalen Kernpol, bis zur Spitze) 0,0042 mm. Die Dicke der Sehzelle beträgt 0,0052 mm. Eine der entschieden in der Entwicklung am weitesten zurückgebliebenen, aber doch noch als solche erkennbaren Sehzellen zeigte folgende Masse: der rundlich-ovale Kern hatte 0,0058 mm Länge bei 0,0029 mm Dicke. Die Zelle selbst, welche keine Spur einer Auswachsung erkennen liess und sich lediglich durch ihre Lage und ihr zugespitztes Distalende charakterisirte, war 0,0074 mm lang und 0,0044 mm dick. Im Augenhintergrund sind die höher entwickelten Sehzellen verhältnissmässig häufig. Je weiter nach vorn, desto mehr werden sie aber durch die weniger ausgebildeten verdrängt, und schon eine ziemliche Strecke vor dem Anfange der pars Iridis finden sich nur noch die Sehzellen der niedrigsten beim vorliegenden Stadium vorkommenden Entwicklungsstufe, untermischt mit ganz unveränderten Körnerzellen, die auch der Sehzellschicht des Augenhintergrundes nicht absolut fehlen.

Die proximale Grenze der gesamten Netzhaut wird gebildet durch die Grenze der protoplasmatischen Grundsubstanz. Diese besteht im gesamten Gebiete der beiden Körnerschichten aus ganz gleichmässig vertheiltem, sehr feinem Gerinnsel, das sich am Rande stark verdichtet und so einen scharf ausgesprochenen, sehr glatt verlaufenden *Margo limitans externus* bildet. Ueber denselben ragen von nervösen Elementen nur die Spitzen der am weitesten entwickelten Sehzellen hinaus.

Distal folgt auf die innere Körnerschicht die „Schicht der Bindegewebsfasern und Opticusganglienzellen“ mit einer Mächtigkeit von 0,0244 mm im Augenhintergrunde. Sie hält sich in dieser Stärke bis kurz vor dem Uebergang der *Retina* in den Iristheil, sinkt dann, fast plötzlich, auf eine Dicke von 0,021 mm herab, um etwa in der Mitte des Verlaufes der pars retinalis Iridis ganz zu verschwinden. Die Hauptmasse der Schicht wird durch das protoplasmatische Gerinnsel der Grundsubstanz gebildet, das indessen in dieser Netzhautparthie nicht gleichmässig vertheilt ist, sondern bald dichter gedrängt und grobkörniger, bald lockerer und feinkörnig erscheint. Es finden sich darin zahlreiche in Zerfall begriffene Kerne von mannigfacher Grösse und Form, bei welcher jedoch, soweit sich eine solche überhaupt noch bestimmen lässt, die rundlich-ovale vorherrscht. In zweiter Linie besteht die Schicht aus Bindegewebsfasern, die indessen, abgesehen von den Anlagen der Stützfasern, jetzt lange nicht mehr so reichlich vorhanden sind, als noch beim letzten Stadium.

Den proximalen Rand der Schicht nehmen die Opticusganglienzellen ein. Dieselben sind kugelig. (Durchmesser 0,0111, der des Kernes 0,0053 mm.) Sie besitzen allseitig höckerartige Auftreibungen, von denen sich die proximalwärts gerichteten zu kleinen Ausläufern entwickelt haben. Einer derselben überwiegt regelmässig über die übrigen und vermittelt den Zusammenhang mit einer inneren Ganglienzelle. Distalwärts ist nur ein einziger starker Fortsatz ausgebildet, die Opticusfaser, die sich genau ebenso verhält, wie für's vorige Stadium beschrieben wurde. Es ist dabei zu merken, dass zwar alle Opticusganglienzellen eine Opticusfaser, dagegen nicht alle einen proximalen Hauptfortsatz zeigen. In vielen Fällen mag nun ja der letztere thatsächlich vorhanden und nur bei meinen Präparaten nicht nachweisbar gewesen sein; in anderen habe ich mich aber mit Sicherheit überzeugen können, dass er thatsächlich fehlt, eine Verbindung der Opticusganglienzelle mit den tiefer liegenden Retinaschichten also nicht besteht.

Die Opticusganglienzellen liegen im Allgemeinen in einfacher Lage, durch kleine Zwischenräume getrennt, ziemlich regelmässig neben einander und sind vom inneren Rande der Netzhaut durchschnittlich 0,0133 mm entfernt. Eine Ausnahme machen nur die dem intraretinalen Opticus unmittelbar benachbarten Retinaparthieen. Hier hat sich im Umkreise von ca. 0,03 mm rings um den Sehnerven in der *Retina* eine neue Schicht, eine Granulosa interna, zu bilden begonnen. Dieselbe schiebt sich zwischen die inneren und die Opticusganglienzellen ein. Sie ist unmittelbar neben dem Opticus ca. 0,0044 mm breit und nimmt, je weiter von diesem entfernt, umsomehr an Mächtigkeit ab, bis sie, wie erwähnt, in einer Entfernung von 0,03 mm ganz verschwindet. Sie besteht aus der protoplasmatischen Grundsubstanz, die reichlich mit zerfallenen Kernen vermischt ist. In Folge der Einschiebung dieser Schicht sind, soweit sich ihr Einfluss geltend macht, die Opticusganglienzellen weiter gegen den Innenrand der Netzhaut hingedrängt und auch sonst in der Regelmässigkeit ihrer Anordnung gestört worden. Ihre Entfernung von der distalen Retinagrenze beträgt in unmittelbarer Nähe des Sehnerven nur etwa 0,0044 mm im Minimum.

Reserveopticusganglienzellen sind fast gar keine vorhanden.

Die Opticusganglienzellen finden sich in der ganzen eigentlichen Netzhaut, doch sind sie in den dem Anfang des Iristheils genäherten Parthieen viel spärlicher, durch viel grössere Abstände von einander getrennt, als im Augenhintergrund, auch lässt sich in den vorderen Theilen des Auges viel seltener der Zusammenhang zwischen Opticusganglienzelle und innerer Ganglienzelle nachweisen, als in der Gegend des Augenhintergrundes, woran allerdings auch der Umstand Schuld sein mag, dass die Grundsubstanz hier sehr grobkörnig und fleckig ist, sowie, dass zahlreiche Stützzellen vorkommen.

Hinsichtlich der bindegewebigen Bestandtheile der Netzhaut zeigt das vorliegende Stadium fast keine Veränderung. Die Anlagen der Stützfasern sind gestreckter geworden und zeigen weniger Seitenzweige. Einzelne Fasern ragen weit über den Margo limitans externus hinaus, ohne dass jedoch das Pigmentepithel von ihnen nachweisbar erreicht würde.

Die Membrana limitans interna ist scharf abgesetzt, zeigt jedoch noch die Zusammensetzung aus feinen Faserzügen, mit denen die distalen Enden der retinalen Bindegewebszüge in direktem Zusammenhang stehen. Niemals erstrecken sich dieselben jedoch mehr über die Anlage der Membrana limitans interna hinaus in den Glaskörperraum hinein.

Bindegewebszellen fehlen in den distalen Retinaschichten fast vollkommen. Sie finden sich erst, recht spärlich, etwa in der Mitte der inneren Körnerschicht, werden aber dann in der äusseren Körnerschicht sehr zahlreich und schieben sich hier, wie bemerkt, häufig zwischen die Sehzellen ein; zuweilen ragen sie mit ihrem proximalen Pole ein wenig über den Margo hinaus. Sie messen $0,0133:0,0037$, ihre Kerne $0,0104:0,0022$ mm. Ihre lange Achse verläuft stets parallel den Bindegewebsfaserzügen, also im Wesentlichen senkrecht zur Oberfläche der Netzhaut.

Die aus Bindegewebsmassen der foetalen Augenspalte bestehende Schicht, welche sich zwischen die alte Bindegewebsfaserschicht und die Membrana limitans interna eingeschoben hat und von ersterer noch unterschieden werden kann, hat etwas an Ausdehnung gewonnen. Sie erstreckt sich rings um die Austritts- resp. Sammelstelle der Opticusfasern etwa so weit, wie die Granulosa interna, also ca. $0,03$ mm, und hat in der Mitte ihre grösste Mächtigkeit mit etwa $0,0074$ mm. Blut findet sich in ihr nicht.

Stadium VI (13 mm). Taf. IV, Fig. 57.

Die Dicke der Netzhaut im Augenhintergrunde beträgt $0,0832$ mm. Sie hält sich annähernd in dieser Stärke bis zu ihrem Uebergang in die pars rétinale Iridis, der dorsal etwa $0,1005$, ventral erst $0,0078$ mm vom Augenbecherrande entfernt erfolgt, und in dessen Nähe die *Retina* sehr rasch auf eine Mächtigkeit von $0,0286$ mm heruntergeht.

Die Zusammensetzung der Netzhaut im Allgemeinen hat gegenüber dem vorigen Stadium keine Veränderung erfahren; doch zeigen die einzelnen Schichten selbst mannigfache Fortschritte.

Die innere Körnerschicht hat eine Stärke von $0,0316$ mm erreicht. Ihre Hauptmasse wird durch die inneren Körnerzellen gebildet, die ovale Form haben und die Masse $0,0056:0,0046$ mm aufweisen. Ihre Kerne messen $0,0043:0,0033$ mm. Im Allgemeinen hat ihre lange Achse eine zur Oberfläche der Netzhaut annähernd senkrechte Richtung. Die Körnerzellen überwiegen nunmehr ganz bedeutend; sie mögen etwa drei Viertheile sämtlicher zelligen Elemente der Schicht darstellen. Sie kommen nur in den inneren Parthieen derselben vor, also niemals zwischen den Zellen, welche den distalen, resp. proximalen Rand bilden.

Die am distalen Rande gelegenen inneren Ganglienzellen sind grösstentheils kugelig, mit einem Durchmesser von 0,0079 mm für die Zelle und 0,0049 mm für den Kern. Sehr selten zeigen sie auch rundlich-ovale Gestalt und messen dann 0,0089 : 0,0067, ihre Kerne 0,0052 : 0,0045 mm. Der distal gerichtete Hauptfortsatz der inneren Ganglienzellen tritt nunmehr viel häufiger in Verbindung mit einer Opticusganglienzelle, und zwar lässt sich auch hier konstatiren, dass die Fälle, wo dieser Zusammenhang unzweifelhaft fehlt, im Augenhintergrund sehr selten sind, in den der Iris genäherten Theilen der Netzhaut aber immer häufiger werden. Die Proximalfortsätze der Zellen sind entschieden bedeutend länger (gelegentlich bis zu 0,005 mm) und vor Allem zahlreicher geworden: blosse höckerartige Auftreibungen der Zellwand fehlen an der proximalen Fläche der Zellen jetzt vollständig. Seitlich sind dieselben noch vorhanden, doch viel seltener geworden: zu Lateralausläufern haben sie sich niemals entwickelt. Die ovalen, inneren Ganglienzellen sind im Augenhintergrund viel seltener, als mehr nach vorn, wo sie freilich auch nie eine grosse Häufigkeit erlangen. Sie scheinen etwas jünger zu sein, als die runden, wenigstens fehlt gerade bei ihnen besonders oft, wenn auch keineswegs immer, die Verbindung mit den Opticusganglienzellen; ferner sind ihre proximalen Ausläufer viel weniger entwickelt, und ihre lateralen Höcker zahlreicher, als sich dies bei den kugeligen inneren Ganglienzellen findet. Beide Arten liegen in einer einfachen, sehr regelmässigen Lage, ziemlich enge aneinander gedrängt, wenn letzteres auch nicht in dem Grade der Fall ist, dass dadurch Formänderungen der einzelnen Elemente hervorgerufen würden.

Am proximalen Rande der Schicht finden sich, viel weniger regelmässig angeordnet, die äusseren Ganglienzellen. Stets kugelig, besitzen dieselben 0,0079, ihre Kerne 0,0046 mm im Durchmesser. Ihre nach der Tiefe der Schicht gerichteten Fortsätze haben sich ebenfalls weiter ausgedehnt, wenn auch nicht so bedeutend, wie bei den inneren Ganglienzellen, überschreiten indessen die Länge von 0,004 mm niemals, ja erreichen diese nur in ganz seltenen Fällen. Die lateralen Höcker sind an Zahl und Ausdehnung zurückgegangen, proximale finden sich selten, fehlen aber keineswegs vollständig. Einzelne von den äusseren Ganglienzellen — und zwar sind dieselben vorwiegend in den Parthieen des Augenhintergrundes zu finden — haben einen feinen, proximalwärts gerichteten Hauptfortsatz ausgebildet und treten durch diesen in Connex mit Elementen der äusseren Körnerschicht.

Diese hat im Augenhintergrunde eine Dicke von 0,0336 mm. Wesentlichen Antheil an ihrem Aufbau nehmen auch hier wieder die Körnerzellen, wenn sie auch lange nicht so zahlreich sind, als in der inneren Körnerschicht. Sie bilden etwa den dritten Theil sämtlicher Zellen der äusseren Körnerschicht. In der Form, sowie der Richtung ihrer Hauptachse, gleichen diese äusseren Körnerzellen vollkommen den inneren, nur sind sie etwas grösser, denn sie messen 0,0066 : 0,0046, ihre Kerne 0,0046 : 0,0033 mm. Sie sind durch die ganze Schicht hin unregelmässig zerstreut und auch der proximale Rand, den die Sehzellen einnehmen, ist nicht ganz frei von ihnen.

Ungefähr an der distalen Grenze der äusseren Körnerschicht findet sich nun eine weitere Lage von Ganglienzellen. Dieselben sind meist kugelig, 0,0062 mm im Durchmesser haltend, ihr Kern ist 0,0049 mm dick. Seltener finden sich zwischen ihnen auch rundlich-ovale Ganglienzellen, welche die Mafse 0,0075 : 0,0043 mm für die Zelle, 0,0062 : 0,0033 mm für den Kern aufweisen. Im Augenhintergrund sehr spärlich vertreten, werden sie, ganz wie die ovalen Elemente unter den inneren Ganglienzellen, je näher der Iris, um so häufiger, ohne jedoch jemals über die kugeligen zu überwiegen. Beide Arten dieser Ganglienzellen senden nach allen Seiten kurze, feine Fortsätze aus. In einzelnen Fällen

hat sich von diesen ein distalwärts gerichteter besonders stark entwickelt und mit dem grossen Proximalfortsatz einer der äusseren Ganglienzellen durch Verschmelzung eine Verbindung eingegangen. Auch diese Erscheinung ist indessen auf die Gegend des Augenhintergrundes beschränkt und unter allen Umständen stets nur bei den runden, niemals bei den ovalen Ganglienzellen nachweisbar. Die beschriebenen Ganglienzellen liegen sehr unregelmässig angeordnet, bald den äusseren Ganglienzellen sehr genähert, bald wieder, weit von denselben entfernt, in die Tiefe der äusseren Körnerschicht hineingerückt. Der Zusammenhang der Zellenlage ist vielfach durch dazwischengeschobene, äussere Körnerzellen gestört, die häufig auch noch distal von ihnen, also zwischen den Ganglienzellen der beschriebenen Art und den äusseren Ganglienzellen, auftreten. Bei einer anderen Gelegenheit habe ich die Ganglienzellen am distalen Rande der äusseren Körnerschicht als Zwischenganglienzellen bezeichnet, und ich möchte diese Benennung auch für's Maulwurfsauge beibehalten.

Die Sehzellen occupiren ausschliesslich den proximalen Rand der äusseren Körnerschicht. Sie sind theilweise gegenüber dem vorigen Stadium weit vorgeschritten, daneben finden sich aber auch weniger ausgebildete Elemente auf den mannigfaltigsten Entwicklungsstufen. Mann kann im Allgemeinen sagen, dass sie sich in einfacher Lage ausbreiten, doch verläuft diese äusserst unregelmässig, und es finden sich zahlreiche Sehelemente, deren Kornzellen so weit in die Tiefe der *Retina* gerückt erscheinen, dass sie fast hinter ihre Nachbarn zu liegen kommen. Diese Sehzellen sind dann immer die höchstentwickelten. Sie besitzen deutliche Zapfengestalt — womit ich freilich nicht gesagt haben will, dass aus ihnen später die sogenannten „Zapfen“ entstehen müssten — und lassen bereits ziemlich klar eine Differenzirung in Kornzelle, Stiel, Körper und Endglied erkennen. Ihr distales Ende ist in einen langen, feinen Faden ausgezogen, und in einzelnen Fällen sind sie durch diesen in Verbindung mit einer der äusseren Ganglienzellen — niemals jedoch etwa mit einer Zwischenganglienzelle — getreten.

Die weniger hoch ausgebildeten Sehzellen zeigen die bereits für die früheren Stadien beschriebenen Formen: Kegelzelle, hohe Kuppelzelle, niedere Kuppelzelle und, jetzt wieder ziemlich häufig vertreten, die Gestalt der fast unveränderten Körnerzelle, die sich nur dadurch von den übrigen so bezeichneten Elementen unterscheidet, dass ihr distales Ende sich zugespitzt hat. Dies letztere Merkmal tragen alle Sehzellen dieses Stadiums. Die Uebergänge zwischen den einzelnen Entwicklungsstufen sind so zahlreich, dass sich eine erschöpfende Beschreibung einzelner Stadien nicht durchführen lässt, ich muss mich daher, wie bisher, darauf beschränken, die höchstentwickelten Individuen der einzelnen Arten, so wie sie sich eben in meinen Präparaten darstellten, auf's Gratwohl herauszugreifen.

Die augenscheinlich ältesten Sehzellen lassen, wie schon bemerkt, eine Gliederung in vier Theile erkennen. In einem Falle maass hierbei die Kornzelle, welche die Form eines an beiden Polen zugespitzten Ellipsoids (also etwa Citronengestalt) besass, 0,0072:0,0043, das Korn selbst 0,0043:0,0030 mm. Ihr distales Ende trug den feinen Fortsatz, der die Verbindung mit einer äusseren Ganglienzelle vermittelte. Die lange Achse verlief genau senkrecht zur Aussenfläche der *Retina*; der proximale Zellpol war vom Margo limitans externus 0,0039 mm entfernt. Proximal schloss sich an die Kornzelle der Stiel, 0,0014 mm lang, 0,0013 mm breit, an, und auf diesen folgte alsdann, mit allmählichem Uebergange der Körper des Sehelements. Dieser hatte eine Länge von 0,0032 mm; seine grösste Dicke, die er im Niveau des Margo limitans externus erreichte, betrug 0,0026 mm. Den Beschluss der ganzen Anlage machte das kegelförmige Endglied 0,0033 mm lang, das mit seiner convexen, 0,0023 mm im Durchmesser haltenden Basis in die entsprechende Concavität des proximalen Körperendes gleichsam

eingelassen erschien. Der Körper war erfüllt von sehr dichtem, dunklem Protoplasma, das gegen die Kornzelle hin immer heller wurde, so dass eine scharfe Grenze gegen diese auch im Inneren der Anlage nicht existierte. Wohl aber fand sich eine solche auf's Deutlichste zwischen Körper (oder, um eine später passende Bezeichnung schon hier zu gebrauchen: Mittelglied) und Endglied, da dieses sehr hell, nur an seiner äussersten Spitze leicht getrübt war und daher von dem gerade an seinem proximalen Ende am dichtesten gedrängten Protoplasma des Körpers sich schroff abheben musste. Eine trennende Linie, eine Membran, bestand indessen zwischen den beiden Theilen nicht. Die Länge der gesamten Sehzelle betrug 0,0138 mm.

Eine ausgesprochene Kegelzelle zeigte folgende Verhältnisse: der Kern (das Korn) war mit seinem proximalen Pole 0,0026 mm vom Margo limitans externus entfernt. Er war rundlich-oval und maass 0,0034 : 0,0028 mm. Die Zelle hatte eine Dicke von 0,0046 mm; ihre Länge betrug 0,0079 mm. Sie hatte die Form eines Ellipsoids, das am distalen Ende zugespitzt war und einen ganz kurzen, fadenförmigen Fortsatz entwickelt hatte. Proximal reichte sie bis an den Margo limitans externus, und hier war ihr ein kegelförmiges Endglied gleichsam aufgesetzt, das eine Länge von 0,0020 mm bei einem Basisdurchmesser von 0,0013 mm zeigte. Die Differenzirung im Inneren beschränkte sich auf eine leichte Verdichtung und Trübung des Protoplasmas in der äussersten Kegelspitze.

Die Kuppelzellen und die noch ohne proximale Auswachsungen gebliebenen jüngsten Sehzellen gleichen den für die vorhergehenden Stadien beschriebenen vollkommen.

Den proximalen Abschluss der *Retina* bildet ein scharf ausgesprochener, sehr regelmässig und glatt verlaufender Margo limitans externus, der durch eine weitgehende Verdichtung und Zusammendrängung der protoplasmatischen Grundsubstanz in diesen Grenzparthieen hervorgehoben wird.

Der distalen Grenze der inneren Körnerschicht schliesst sich im Augenhintergrunde die *Granulosa interna* an. Dieselbe hat auch jetzt noch eine nur geringe Flächenausdehnung, denn schon im Umkreis von 0,0317 mm um den intraretinalen Sehnerv herum ist von ihr nichts mehr zu entdecken. An ihrer dicksten Stelle, d. h. in ihren unmittelbar dem Opticus angrenzenden Abschnitten, misst sie 0,0085 mm; verliert aber, je weiter vom Opticus entfernt, desto rascher an Mächtigkeit. Sie besteht aus grobem, unregelmässig vertheiltem, protoplasmatischem Gerinnsel. Zellen finden sich in ihr nicht.

Weiterhin folgt nun nach Innen die Schicht der Opticusganglienzellen in einer Gesamtmächtigkeit von 0,0128 mm. In derselben nehmen die wirklichen Opticusganglienzellen den distalen Rand ein. Sie bilden eine ziemlich regelmässige, einfache Lage und sind im Augenhintergrunde etwas näher aneinander gerückt — obgleich auch hier gelegentlich grössere Abstände zwischen ihnen vorkommen —, als in den mehr nach vorn gelegenen Theilen der Netzhaut. Die Opticusganglienzellen sind kugelig. Sie haben 0,0089 mm Durchmesser, ihre Kerne 0,0056 mm. Der proximale Hauptfortsatz ist bei den meisten wohl entwickelt und in Verbindung mit einer inneren Ganglienzelle getreten. Die kleineren Proximalfortsätze sind etwas länger, als bei früheren Stadien. Zuweilen zog sich von einer Opticusganglienzelle noch ein zweiter, besonders stark ausgebildeter Fortsatz gegen die inneren Ganglienzellen hin: eine Verbindung desselben mit einer der letzteren habe ich aber niemals nachweisen können.

Ueber den distalen Fortsatz der Opticusganglienzellen, die Opticusfaser, ist nichts Neues zu bemerken.

Von Lateralfortsätzen existirt keine Spur.

Proximal von den Opticusganglienzellen findet sich noch eine Anzahl weiterer Ganglienzellen. Dieselben haben einen Durchmesser von 0,0060 mm, ihre Kerne zeigen einen solchen von 0,0048 mm. Sie senden nach allen Seiten kleine Fortsätze, von denen zuweilen ein einziger, distalwärts gerichteter, über die anderen in Stärke und Länge entschieden überwiegt, indessen nur ganz selten weiter, als bis in die Nähe des proximalen Poles der Opticusganglienzellen selbst reicht. Ich sehe in diesen Ganglienzellen wieder Ersatzelemente für die Schicht der Opticusganglienzellen.

Den innersten Rand der *Retina* occupiert die Schicht der Opticus- und Bindegewebsfasern, zusammen ca. 0,0038 mm mächtig. Die Opticusfasern durchziehen den ganzen Raum. Bindegewebsfasern finden sich darin, abgesehen von den zu dem System der Stützfasern gehörigen, entschieden weniger, als bisher.

Was die Flächenausbreitung der verschiedenen Schichten über der *Retina* hin betrifft, so ist darüber Folgendes zu bemerken:

Die Bindegewebsfaserschicht erstreckt sich, in ziemlich unveränderter Stärke, vom Augenhintergrund aus auf der Innenfläche der Netzhaut distalwärts bis über die hintere Irisgrenze hinaus und findet sich auf dem retinalen Blatte der Irisanlage bis dorsal 0,0598, ventral 0,0650 mm vom freien Irisrande entfernt. Hier hört sie plötzlich auf.

Die Opticusfaserschicht ist naturgemäss an das Vorhandensein der Opticusganglienzellen gebunden. Diese erstrecken sich, gegen vorn immer weiter auseinandergerückt, vom Augenhintergrunde aus in der dorsalen *Retina* bis in's Niveau des proximalen Linsenpols, in der ventralen nur etwa bis zum Bulbusaequator. An der Austrittsstelle des Sehnerven schlagen sie sich in dessen Begleitung eine Strecke weit in die Tiefe der Netzhaut hinein. (Näheres hierüber bei Betrachtung des Nervus opticus). Erheblich weniger weit gegen den distalen Augenpol hin, als die Opticusganglienzellen, reichen ihre Reserveelemente.

Die inneren Ganglienzellen sind dorsal noch etwa 0,026, ventral sogar 0,045 mm weiter, als die Opticusganglienzellen gegen die Irisanlage hin zu verfolgen.

Die inneren Körner erreichen den proximalen Irisrand. Die äusseren Ganglienzellen halten in ihrer Ausdehnung gleichen Schritt mit den inneren, vielleicht mögen sie auch ein wenig hinter diesen zurückbleiben.

Die Zwischenganglienzellen finden sich niemals weiter, als etwa bis zur proximalen Grenze des distalen Augendrittels gegen den distalen Augenpol hin vorgeschoben, ventral reichen sie entschieden nicht einmal so weit.

Die Sehzellen sind über die proximale Irisgrenze hinaus zu verfolgen, freilich in den distalsten Parthieen ihres Ausbreitungsgebietes nur sehr gering entwickelt.

Die äusseren Körnerzellen setzen sich unmittelbar in die Zellen fort, welche den retinalen Theil der Irisanlage aufbauen.

Die bindegewebigen Theile der Netzhaut haben gegenüber den letzten Stadien sich wenig verändert. Die *Membrana limitans interna* ist straffer und fester, aber noch immer nicht zur wirklichen Membran geworden. Der Zusammenhang der Stützfasern mit ihr hat sich nun so gestaltet, dass diese unter rechtem Winkel aus ihr herauszuwachsen scheinen.

In ihrem ganzen Verlaufe zeigen die Stützfasern gelegentlich eine Abgabe feiner Seitenästchen. Stützzellen, den Fasern durchweg angelagert, kommen in den inneren Netzhautschichten

nur ganz selten vor. Zuerst erscheinen sie zahlreicher in der distalen Hälfte der inneren Körnerschicht und sind von da ab, nicht allzu häufig, aber ganz gleichmässig vertheilt, in allen äusseren Retinaschichten, bis zu den Sehzellen hin, anzutreffen. Zwischen den letzteren fehlen sie.

Die der *Retina* an ihrer inneren Fläche aufgelagerte Bindegewebsschicht, die zunächst in der Gegend des Opticusaustrittes auftritt, hat jetzt die Form eines in den Glaskörper hineinragenden Kegels, der jedoch die *Limitans interna* nicht durchbricht, sondern von ihr umzogen und dadurch gegen das Vitreum fest abgeschlossen wird. Taf. VI, Fig. 76. Die Basis des Kegels hat einen Durchmesser von 0,065 mm, seine Höhe beträgt 0,0351 mm. Die ganze Anlage besteht aus einem Gewirre von Bindegewebsfasern, in denen sich zahlreiche Zellen und Kerne finden. Der Zusammenhang mit dem Gewebe, das die noch nicht gänzlich geschlossene foetale Augenspalte erfüllt, ist erhalten geblieben. Blut findet sich keines.

Stadium VII (17 mm). Taf. V. Fig. 58.

Im Augenhintergrunde ist jetzt die *Retina* 0,0885 mm dick. Gegen den vorderen Augenpol hin nimmt sie an Stärke allmählich immer mehr ab, bis sie kurz vor dem Übergang in ihre pars Iridis, der dorsal 0,1298, ventral 0,1368 mm vom freien Irisrande entfernt erfolgt, auf 0,039 mm zurückgegangen ist.

Die Betrachtung der einzelnen Netzhautschichten ergibt Folgendes:

Die innere Körnerschicht misst im Augenhintergrunde 0,0248 mm und behält diese Stärke auch in ihren, dem distalen Augenpole näher gelegenen Abschnitten so ziemlich bei, so dass sie kurz vor der proximalen Irisgrenze, an welcher sie plötzlich aufhört, immer noch 0,0221 mm dick ist. Die Schicht zeigt wieder die bereits beschriebenen drei Arten von nervösen Elementen. Einmal sind das die inneren Körnerzellen selbst, die jetzt sehr zahlreich geworden sind und in dieser Hinsicht weit über die Hälfte der ganzen Schicht ausmachen. Sie nehmen die mittleren Parthieen derselben ein, finden sich jedoch auch zuweilen zwischen den Ganglienzellen des distalen, niemals aber des proximalen Randes. Sie sind rundlich-oval und messen 0,0052 : 0,0044, ihre Kerne 0,0047 : 0,0037 mm. Ihre lange Achse verläuft im Allgemeinen senkrecht zur Oberfläche der *Retina*; gelegentlich weicht ihre Richtung hievon aber um fast 45°, ja in einzelnen Fällen noch weiter ab.

Die den distalen Rand der Schicht einnehmenden, inneren Ganglienzellen sind hier ausschliesslich kugelig mit einem Durchmesser von 0,0081 mm, ihre Kerne besitzen einen solchen von 0,0067 mm. Von seitlichen Fortsätzen, oder Andeutungen solcher, ist bei diesem Stadium gar nichts zu sehen. Die proximalwärts gerichteten sind etwas länger geworden. Der einzige, nun aber, wenigstens bei den Zellen, welche in den Parthieen des Augenhintergrundes liegen, immer vorhandene Distalfortsatz ist sehr deutlich ausgeprägt und stets in Verbindung mit einer Opticusganglienzelle. Nur in den Theilen der inneren Ganglienschicht, welche mehr dem distalen Augenpole angenähert liegen, fehlt zuweilen der grosse Distalfortsatz ganz, oder aber er reicht nur ein Stück weit, ohne dann in Zusammenhang mit einem Element der Opticusganglienschicht zu treten. Hier zeigen sich auch zuweilen schwache Seitenfortsätze der inneren Ganglienzellen. Schon im Augenhintergrund selbst sind die Elemente dieser Zellenlage niemals so dicht gedrängt, wie dies beim vorigen Stadium der Fall war.

Die proximale Grenze der inneren Körnerschicht bilden die äusseren Ganglienzellen, die, in einfacher, sehr regelmässiger Lage angeordnet, viel zahlreicher und daher enger aneinander

gelagert sind, als auf der nächstvorangegangenen Entwicklungsstufe. Stets kugelförmig, haben sie einen Durchmesser von 0,0074, ihre Kerne von 0,0052 mm. Ihre Distalfortsätze sind wohlentwickelt, sehr zahlreich und wieder erheblich länger geworden, ohne indessen, so wenig, wie die proximalen der inneren Ganglienzellen, jemals mit irgend welchen anderen zelligen, oder faserigen Elementen in direkten Zusammenhang zu treten. Lateralfortsätze fehlen. Proximal zeigt nunmehr jede äussere Ganglienzelle einen einzigen starken Fortsatz, vermittelt dessen sie zu Elementen der proximal folgenden Netzhautschicht in Beziehung tritt. Nebenfortsätze sind keine vorhanden. Das Gesagte gilt jedoch nur für die im Augenhintergrunde gelegenen Theile der Schicht. In den mehr nach der Irisgrenze hin sich erstreckenden Parthieen ist die Lage der äusseren Ganglienzellen viel weniger dicht gedrängt: ihre Elemente lassen, je weiter nach vorn, desto grössere Zwischenräume zwischen sich, in welche dann oft Elemente der äusseren Körnerschicht, oder auch innere Körnerzellen eingelagert sind. Die äusseren Ganglienzellen haben dann öfters keine Verbindung mit proximal gelegenen Zellen; ihre Distalfortsätze sind geringer entwickelt, und es finden sich Spuren von Lateralausläufern, freilich nur sehr selten und immer lediglich in Form ganz kleiner Höckerchen.

Die sich proximal anschliessende, äussere Körnerschicht ist im Augenhintergrunde 0,0201 mm mächtig. Sie verliert in ihrem Verlaufe gegen die Iris hin nichts von ihrer Stärke, nimmt eher ein wenig zu, denn sie geht in die an ihrer retinalen Grenze etwa 0,0286 mm dicke pars retinalis Iridis direkt und ohne Absatz über.

Die einfachen Körnerzellen sind in ihr auf vorliegender Entwicklungsstufe noch seltener geworden, als beim letzten Stadium, doch finden sie sich immer noch in den centralen Theilen der Schicht da und dort zwischen die gangliösen Elemente eingestreut. Sie haben dieselbe Form und dieselben Dimensionen, wie die inneren Körnerzellen und unterscheiden sich von diesen, abgesehen natürlich von der Stelle ihres Vorkommens, durch die zur Retinafläche stets ganz, oder doch nahezu senkrechte Richtung ihrer langen Achse. In den vom Augenhintergrunde entfernteren Theilen der Schicht nimmt die Zahl der äusseren Körnerzellen, Hand in Hand mit dem Zurücktreten der Ganglienzellen, immer mehr zu, sodass sie schon eine Strecke vor Erreichung der retinalen Irisgrenze weitaus den Hauptbestandtheil der äusseren Körnerschicht bilden.

Die schon für die letzte Entwicklungsstufe beschriebenen Zwischenganglienzellen sind jetzt viel häufiger geworden; eine eigentliche festgeschlossene Lage bilden sie indessen auch hier nicht, finden sich vielmehr bald eng aneinandergedrängt, bald durch oft beträchtliche Abstände geschieden, einmal dicht bei den äusseren Ganglienzellen, dann wieder mehr den Sehzellen genähert. Sie sind aber nunmehr ausschliesslich von kugelige Gestalt und besitzen 0,0089, ihre Kerne 0,0070 mm Durchmesser, doch kommen nicht selten auch kleinere Zellen dieser Art vor. In den meisten Fällen lässt sich ein direkter Zusammenhang einer Zwischenganglienzelle, einerseits mit einer äusseren Ganglienzelle, andererseits mit einer Sehzelle, und zwar einer von der weniger entwickelten Art, durch einfachen Distal- resp. Proximalfortsatz nachweisen. Sonstige Ausläufer besitzen die fraglichen Zellen nicht.

Die Sehzellen occupiren nicht nur den proximalen Rand der Schicht, sondern fast die ganze proximale Hälfte derselben. Sie liegen bald dicht am Margo limitans externus, bald sind sie weit in die Tiefe gerückt. Die letzteren sind ausnahmslos als die am weitesten fortgeschrittenen zu erkennen. Die Sehzellen stehen auch hier auf sehr verschiedener Entwicklungsstufe und man findet solche, die schon ganz deutliche Zapfen mit weitgehender innerer Differenzirung entwickelt

haben, neben anderen, die eben erst eine kugelförmige Auswachsung ihres proximalen Poles zeigen. Zwischen diesen beiden Stufen finden sich alle Arten von Uebergängen, so dass ich auch hier darauf verzichten muss, eine genaue Beschreibung sämtlicher Sehzellen zu geben und nur die beiden Extreme, so weit ich sie eben habe feststellen können, behufs näherer Schilderung herausgreife.

Die augenscheinlich am weitesten entwickelte Form der Sehzellen findet sich vorwiegend in der *Retina* des Augenhintergrundes. Die Kornzelle, aus der die ganze Anlage her stammt, ist dabei mit ihrem proximalen Pole 0,0054 mm vom Margo limitans externus entfernt. Sie misst 0,0049 : 0,0036, ihr Kern 0,0038 : 0,0029 mm. Ihre lange Achse ist senkrecht zum Margo gestellt. Vom proximalen Pole geht ein in der Richtung der Hauptachse verlaufender, sehr dünner Stiel von 0,0038 mm Länge ab. An diesen schliesst sich weiterhin das Mittelglied (bei früheren Stadien als „Körper“ bezeichnet) des Sehelements. Dasselbe ist tonnenförmig, 0,0033 mm lang, hat etwa in der Mitte seine grösste Dicke mit 0,0019 mm, während seine beiden Enden 0,001 mm breit sind. Hierauf folgt dann proximal das kegelförmige Endglied mit einer Basisbreite von 0,001 mm, bei 0,0019 mm Höhe. Das Protoplasma der Kornzelle selbst und das des Stieles ist sehr fein und hell. Im Mittelglied wird dasselbe etwas trüber und ballt sich in den centralen Parthieen zu einem kernartigen, jedoch nicht scharf umschriebenen Körper zusammen. Das Protoplasma im Basistheile des Endgliedes ist wieder erheblich heller, und letzteres setzt sich dadurch, aber auch nur dadurch, gegen das Mittelglied deutlich ab. Die Spitze des ganzen Sehelementes ist von sehr dichtem, trübem Protoplasma erfüllt. Die beschriebene Art von Sehzellen steht durch einen vom distalen Pole der Kornzelle abgehenden Faden stets mit einer äusseren Ganglienzelle, niemals mit einer Zwischenganglienzelle im Zusammenhang.

Einige der am meisten zurückgebliebenen Sehzellen haben folgende Verhältnisse: Der proximale Scheitel der ellipsoidischen Kornzellen ist 0,0009 mm vom Margo limitans externus entfernt. Das Sehelement besteht einfach aus einer kegelförmigen Auswachsung des proximalen Zellpoles, die eine Länge von 0,0021, eine Basisbreite von 0,0016 mm besitzt. Die Spitze ragt hier also nur etwa 0,0012 mm über den margo hinaus. Differenzirung im Innern ist keine vorhanden; nur die äusserste Spitze erscheint leicht getrübt. Die Sehzellen dieses Ausbildungsgrades finden sich im Augenhintergrunde bloss vereinzelt, in den dem Irisanfang benachbarten Regionen der Sehzellschicht sind sie dagegen ziemlich zahlreich. Daneben treten dann noch tiefer stehende Formen auf, bei welchen die proximale Auswachsung nur die Gestalt der, für die früheren Stadien beschriebenen hohen, ja zuweilen sogar der niederen Kuppel besitzt.

Alle Sehzellen, welche nicht zur Klasse der oben beschriebenen, höchstentwickelten gehören, stehen stets durch einen Distalfortsatz mit einer Zwischenganglienzelle, niemals aber unmittelbar mit einer äusseren Ganglienzelle in Zusammenhang.

Proximal wird die gesammte Netzhaut von dem schon mehrfach erwähnten Margo limitans externus abgeschlossen, der sich in den Schnittpraeparaten jetzt als scharf ausgesprochene Linie präsentiert. Längs derselben hat sich die Zwischensubstanz der *Retina* sark verdichtet. Von einer Doppelkontourirung existirt indessen keine Spur.

Zwischen der äusseren und inneren Körnerschicht macht sich im Augenhintergrunde stellenweise eine Art von Spaltraum bemerklich. Es kommt nämlich zuweilen vor, dass die äusseren Ganglienzellen von den Zwischenganglienzellen weiter, als gewöhnlich entfernt sind, ohne dass der so freigewordene Raum, wie das anderwärts dann wieder der Fall, etwa von äusseren Körnerzellen ausge-

füllt würde. Dadurch entstehen gelegentlich zwischen beiden Schichten kleine Streifen, die lediglich von der protoplasmatischen Zwischensubstanz und den Verzweigungen der Müllerschen Fasern (siehe unten) ausgefüllt werden. Man darf darin möglicherweise die erste Anlage einer *Granulosa externa* sehen.

Auf die innere Körnerschicht folgt distal die *Granulosa interna*. Diese, beim letzten Stadium auf eine kleine Strecke im Umkreis des Sehnerven beschränkt, hat sich jetzt durch die Netzhaut in ihrer gesamten Ausdehnung, bis zum Irisanfang, verbreitet. Sie besteht aus grobem, protoplasmatischem Gerinnsel, das, sehr unregelmässig vertheilt, einen fleckigen Eindruck hervorbringt. Faserige Bestandteile, welche der Schicht eigenthümlich wären, kommen nicht vor. Von zelligen Elementen führt sie neben den Stützzellen noch die Reserveopticganglienzellen. Sie hat eine Breite von 0,0229 mm im Augenhintergrund, und nimmt gegen vorn nur wenig ab.

Die Reserveopticganglienzellen liegen in der *Granulosa interna* sehr unregelmässig zerstreut; bald finden sie sich nur vereinzelt (so z. B. in der Nähe des Opticusaustrittes), bald sind sie zu Gruppen zusammengedrängt, oder auf kurze Strecken zu 2–4 Horizontallagen angeordnet. Sie senden nach allen Seiten kurze Ausläufer, gehen aber dadurch keinerlei Verbindung ein. Meist sind sie kugelig und haben dann einen Durchmesser von 0,0076, ihre Kerne von 0,0052 mm. Daneben kommen aber auch, seltener im Augenhintergrunde, häufiger in den vorderen Parthieen der *Retina*, rundlich-ovale Elemente mit den Dimensionen 0,0079 : 0,0069 mm vor. Ihre Kerne messen 0,0058 : 0,0049 mm. Sie halten sich stets in nächster Nachbarschaft der inneren Ganglienzellen.

An die *Granulosa interna* schliesst sich distal die Schicht der Opticganglienzellen an. Dieselbe hat im Augenhintergrund eine Mächtigkeit von 0,0140 mm. Ihre Zellen sind in einfacher, jedoch sehr unregelmässiger Lage angeordnet; es kommt dabei nicht selten vor, dass einzelne derselben weit in die Tiefe der Schicht gerückt erscheinen. Stellenweise sind sie dicht gedrängt, dann wieder finden sich weite Lücken zwischen ihnen. Die Ganglienzellen sind stets kugelig, 0,0089, ihr Kern 0,0067 mm dick. Ihr einziger Distalfortsatz, die Opticusfaser, ist wohl entwickelt. Lateralfortsätze finden sich nicht. Der proximale Hauptfortsatz ist bei jeder vorhanden und steht wohl immer im Zusammenhang mit einer inneren Ganglienzelle: freilich liess sich derselbe wegen der grossen Länge in seiner Kontinuität nur verhältnismässig selten absolut sicher nachweisen. Die proximalen Nebenfortsätze der Opticganglienzellen sind sehr deutlich ausgeprägt, sehr zahlreich und ziemlich lang.

Als innerste eigentliche Retinaschicht endlich stellt sich diejenige der Opticus- und Bindegewebsfasern dar, welche im Augenhintergrund 0,0067 mm stark ist. Ueber die sie zusammensetzenden Elemente lässt sich nichts Neues angeben.

Betreffs der Flächenausdehnung der einzelnen Netzhautschichten respective Zellenlagen ist Folgendes zu erwähnen:

Die äussere Körnerschicht geht, wie schon bemerkt, direkt in den mehrschichtigen Theil der pars retinalis Iridis über. Sehzellen finden sich am Aussenrande der gesamten eigentlichen *Retina*, doch lässt sich nicht verkennen, dass sie in den dem Augenhintergrunde näher gelegenen Parthieen stets im Allgemeinen in der Entwicklung weiter voran sind, als in den davon mehr entfernten Theilen derselben. Die höchstentwickelten Sehelemente verschwinden dorsal schon in einer Entfernung von 0,0325 mm von der Irisgrenze vollständig; ventral hören sie sogar schon 0,0715 mm

vor diesem Punkte auf. Lange vorher sind sie indessen, dorsal wie ventral, gegenüber den niedrigeren Formen viel seltener geworden.

Die innere Körnerschicht hört an der proximalen Irisgrenze auf. Die äusseren Ganglienzellen verschwinden schon eine kleine Strecke vorher, nachdem sie längst nur noch vereinzelt aufgetreten waren, und ähnlich verhalten sich die Zwischenganglienzellen. Die inneren Ganglienzellen und Reserveopticusganglienzellen gehen vom Augenhintergrunde bis zum Irisanfang, doch sind auch sie dort gedrängter, hier lockerer und zerstreuter angeordnet.

Dasselbe Verhalten zeigen die eigentlichen Opticusganglienzellen, die aber die hintere Irisgrenze nicht ganz erreichen. Im Zusammenhang damit hört auch die Schicht der Opticusfasern schon vorher auf, während die Bindegewebsfaserschicht noch etwa bis gegen die Mitte des Verlaufes der retinalen Irisanlage hin sich fortsetzt.

Als bindegewebige Bestandtheile der Netzhaut treten zunächst die Stützfasern und Stützzellen, sowie die *Limitans interna* hervor.

Letztere ist nunmehr in ihrer ganzen Ausdehnung zu einer vollkommenen Membran geworden und zeigt keine Spur ihrer Entstehung aus Faserzügen mehr.

Die Stützfasern haben einen etwas gestreckteren Verlauf gewonnen. Sie inseriren an der *Membrana limitans interna* grösstentheils in der Art, dass sie einfach senkrecht aus ihr hervorzuwachsen scheinen; einzelne haben jedoch bereits die sogenannten dreieckigen Füsschen entwickelt, d. h. ihr proximales Ende hat sich kegelförmig erweitert und scheint mit seiner Basis der Membran anzusetzen. Die Stützfaser, oder Müller'sche Faser, bildet also scheinbar nicht mehr einen Theil der *Membrana limitans interna* selbst, sondern ist ihr nur gleichsam angeklebt: die innere Linie der auf dem Schnittpräparate doppelt contourirt erscheinenden Haut wird von der Stützfaser nicht mehr durchbrochen. Die Müller'schen Fasern geben fast während ihres ganzen Verlaufes durch die Netzhaut Seitenästchen ab. Besonders reichlich sind diese Verzweigungen in der Bindegewebsfaserschicht, weiterhin zwischen den äusseren und den Zwischenganglienzellen, und vor Allem in jenen Spalträumen, die ich als erste Andeutung einer *Granulosa externa* aufzufassen geneigt bin. Ganz ohne Verästelung scheinen die Stützfasern nur während ihres Weges durch die distale Hälfte der inneren Körnerschicht, sowie im Gebiete der Sehzellen zu sein. Sie lassen sich über den *Margo limitans externus* hinaus bis zum Pigmentepithel verfolgen, in welchem sie verschwinden.

Die Stützzellen, den Fasern immer nur angelagert, aber auch häufig ohne deren Begleitung auftretend, haben eine Länge von 0,0126 mm, eine Breite von 0,004 mm. Ihre Kerne sind 0,0096 mm lang und 0,0029 mm dick. Mit Ausnahme der innersten Netzhautschicht, derjenigen der Opticus- und Bindegewebsfasern, finden sie sich in der ganzen *Retina*, und zwar ziemlich gleichmässig vertheilt: nur in der proximalen Hälfte der Opticusganglienschicht scheinen sie etwas spärlicher vertreten zu sein. Zwischen den Sehzellen erscheinen sie reichlich, ragen indessen niemals über den *Margo limitans externus* hinaus.

Die im Opticumkreise der Netzhaut inwendig aufgelagerte Schicht hat wenig Veränderung erfahren. Ihre Maximaldicke, entsprechend der Höhe des oben beschriebenen Kegels, ist dieselbe geblieben; ihre Flächenausdehnung hat aber anscheinend etwas zugenommen, so dass sie sich jetzt vom Sehnervenaustritt aus allerseits etwa 0,05 mm weit über die Innenfläche der Netzhaut hinzieht.

Freilich ist es schwer, hier genaue Masse anzugeben, da die Schicht in ihren Randparthieen ganz unmerklich in die Bindegewebsfaserschicht übergeht. Blut findet sich in ihr auch jetzt noch an keiner Stelle, abgesehen von den aus dem Vitreum stammenden Gefässstämmchen, die ihre Randparthieen quer durchsetzen.

Stadium VIII (19,7 mm).

Im Augenhintergrund jetzt 0,0941 mm mächtig nimmt die *Retina* gegen die Iris hin an Stärke immer mehr ab und misst schliesslich, kurz vor dem proximalen Irisrande, noch ca. 0,0414 mm.

Die innere Körnerschicht ist im Augenhintergrunde 0,0334 mm dick und behält diese Stärke in ihrer ganzen Flächenausdehnung nahezu bei.

Ihre Hauptmasse bilden ebenfalls wieder die inneren Körnerzellen mit den Massen 0,0046:0,0033 mm für die Zelle, 0,0039:0,0030 mm für den Kern. Die lange Achse dieser Zellen zeigt gar keine streng festgehaltene Richtung: in der Mehrzahl der Fälle ist sie zwar senkrecht zum Margo limitans externus gestellt, sehr häufig macht sie mit dieser Richtung aber einen mehr oder weniger grossen Winkel, ja gelegentlich verläuft sie sogar parallel der Retinafläche. Die inneren Körner finden sich vorwiegend in den centralen Parthieen der Schicht, sie kommen jedoch auch zuweilen zwischen den Elementen des distalen, niemals jedoch zwischen denen des proximalen Randes vor.

Die inneren Ganglienzellen, im distalen Theile der Schicht, sind sehr unregelmässig angeordnet. Sie liegen oft in einfacher, meist aber in doppelter Lage, im letzteren Falle in der Art, dass die tiefer in der Schicht gelegenen Ganglienzellen hinter die Zwischenräume zwischen den dem distalen Rande genäherten zu liegen kommen. Eine Verbindung der beiden Zellenlagen unter einander findet in keiner Weise statt. Die Ganglienzellen haben 0,0062 mm im Durchmesser, ihr Kern 0,0046 mm. Ihre Fortsätze zeigen gegenüber dem vorigen Stadium keine Veränderung. Wie dort, existieren wohlentwickelte Proximalausläufer, welche aber keinerlei Verbindung eingehen. Ebenso fehlen alle Lateralfortsätze, und ist der einzige Distalfortsatz wohl entwickelt und vermittelt den Connex mit einer Opticusganglienzelle.

Die äusseren Ganglienzellen bilden eine einfache, indessen auch nicht sehr regelmässige Lage. Sie haben einen Durchmesser von 0,0066, ihr Kern von 0,0053 mm. Lateralfortsätze fehlen, oder sind in den ganz seltenen Fällen, wo sie vorkommen, auf höckerförmige Andeutungen beschränkt. Die distalwärts gerichteten Ausläufer sind zahlreich und ziemlich lang, treten aber ebenfalls mit keinerlei anderen Elementen in Zusammenhang. Die Proximalfortsätze sind sehr stark entwickelt und besorgen, mittelbar oder unmittelbar, die Verbindung mit den Sehzellen.

Die äussere Körnerschicht, (Taf. IV, Fig. 48), welche sich beinahe in der ganzen Ausdehnung der *Retina* proximal unmittelbar an die innere anschliesst, hat im Augenhintergrund 0,0194 mm Dicke und hält sich in dieser Stärke bis zur proximalen Irisgrenze.

Hinsichtlich der Körnerzellen lässt sich gegenüber dem letzten Stadium abermals ein Rückgang in der Anzahl konstatiren, doch gilt dies auch hier nur für die Parthieen des Augenhintergrundes. In den mehr nach vorn gelegenen Theilen der äusseren Körnerschicht nimmt ihre Zahl immer mehr zu und überwiegt schon eine ganze Strecke vor der Irisgrenze über die aller anderen Elemente bei Weitem. Die äusseren Körnerzellen sind, was ihre Form betrifft, in Nichts von den inneren ver-

schieden. Ihre lange Achse verläuft aber viel regelmässiger, meist ganz, oder doch nahezu senkrecht zur Netzhautoberfläche.

Die Zwischenganglienzellen scheinen ebenfalls eine Vermehrung erfahren zu haben. Es kommen von ihnen nunmehr 2 Arten vor: rundlich-ovale und kugelige, wobei die ersteren entschieden die Mehrzahl bilden. Diese messen $0,0056 : 0,0046$, ihre Kerne $0,0046 : 0,0039$ mm. Die kugeligen haben einen Durchmesser von $0,0051$, ihre Kerne von $0,0042$ mm. Beide Arten besitzen stets nur je einen einzigen, proximalwärts und einen einzigen, distalwärts gerichteten Fortsatz, sonst nirgends eine Spur von Ausläufern. Auffallend ist, dass bei den rundlich-ovalen Zwischenganglienzellen die Fortsätze keineswegs immer gerade von den Polen abzugehen brauchen, sondern sich oft seitlich von denselben abgeschickt finden.

Die Sehzellen (Taf. IV, Fig. 48), zeigen dieselbe Mannigfaltigkeit in ihrem Ausbildungsgrade, wie bei den vorhergehenden Stadien, und muss ich zu ihrer Veranschaulichung auf die Abbildungen verweisen. Ich will indessen, wie bisher, auch hier wenigstens auf die auffallendsten Formen kurz eingehen:

Bei einer der am weitesten ausgebildeten, also auch wohl ältesten Sehzellen (Taf. IV, Fig. 48 a) ist der proximale Pol der Kornzelle vom Margo limitans externus $0,0065$ mm entfernt. Die Kornzelle selbst misst $0,0065 : 0,0046$, ihr Kern $0,0043 : 0,0039$ mm. Die lange Achse ist senkrecht zum Margo gerichtet. Es folgt proximal ein $0,0046$ mm langer Stiel, an welchen sich ein ellipsoidisches Mittelglied von $0,0039$ mm Länge und $0,0026$ mm Dicke ansetzt. Den Beschluss bildet das kegelförmige Endglied, das bei $0,0012$ mm Basisbreite eine Länge (oder Höhe) von $0,0019$ mm besitzt. Das Protoplasma von Kornzelle und Stiel ist sehr fein und hell; das des Mittelgliedes ist in der distalen Hälfte leicht getrübt und dichter; es geht dann allmählich in das wieder ganz feine, helle der proximalen Hälfte über. Das Endglied ist von sehr dichtem, dunklem Protoplasma gleichmässig erfüllt und äusserst scharf gegen das helle Mittelglied abgesetzt, ohne dass indessen eine trennende Membran existieren würde.

Eine andere häufiger vorkommende Art von Sehzellen (Taf. IV, Fig. 48 b), zeigt folgende Verhältnisse. Die Kornzelle stösst mit ihrem proximalen Pole an den Margo limitans externus, oder hält sich wenigstens in dessen nächster Nähe. Sie besitzt die Masse: $0,0085 : 0,0046$, ihr Kern $0,0046 : 0,0033$ mm. Ihre lange Achse ist gegen den Margo stets unter mehr, oder weniger spitzem Winkel geneigt. An den proximalen Zellpol setzt sich nun, mit einer Basisfläche von $0,0028$ mm Durchmesser, ein Mittelglied, und weiterhin, als dessen unmittelbare Fortsetzung, ein Endglied an. Beide zusammen besitzen auf Schnitten, welche das Sehelement der Länge nach getroffen haben, die Form eines kurzen, breiten, in eine scharfe Spitze auslaufenden Blattes, dessen grösste Breite mit der Grenze zwischen Mittel- und Endglied zusammenfällt und $0,0032$ mm beträgt. Die Länge des Mittelgliedes beträgt $0,0013$, die des Endgliedes $0,0020$ mm. Kornzelle und Mittelglied stehen in direktem Zusammenhang; das erfüllende Protoplasma bietet in beiden Theilen dasselbe Bild. Den Inhalt des Endgliedes bildet dichtes, dunkles Protoplasma, das gegen das feine, helle des Mittelgliedes ungemein scharf abgesetzt ist. Das proximale Ende des Mittelgliedes ist convex, das entsprechend concave Endglied sitzt ihm scheinbar haubenförmig auf.

Eine dritte, im Augenhintergrunde zwar sehr selten, desto häufiger aber in den vorderen Abschnitten der Sehzellschicht sich findende Art von Sehzellen (Taf. IV, Fig. 48 c) wird repräsentirt durch einfache Kornzellen, die noch nicht über das Stadium der kegelförmigen proximalen Aus-

wachstum hinausgekommen sind. Eine weitere Differenzierung hat weder ihre Form erhalten, noch findet sich eine solche im Innern, man müsste denn die, oft kaum merkliche, leichte Trübung der ausgewachsenen Spitze als eine solche in Anspruch nehmen. Diese erreicht den Margo limitans externus in den meisten Fällen nicht. Der distale Zellpol liegt ziemlich weit in der Tiefe der Schicht versenkt, niemals jedoch soweit, als dies bei den beschriebenen höchstentwickelten Sehzellen der Fall ist.

Sämtliche Sehzellen, mit alleiniger Ausnahme einiger weniger, noch ganz gering entwickelter, aus den der Iris unmittelbar angrenzenden Theilen der Netzhaut, stellen durch einen Distalfortsatz die Verbindung mit den äusseren Ganglienzellen her. Bei den höchstentwickelten geschieht dies unmittelbar, und es steht dann stets nur eine solche Sehzelle mit einer äusseren Ganglienzelle in Zusammenhang. Bei allen weniger hoch ausgebildeten Sehzellen schiebt sich aber scheinbar in die Leitung noch eine weitere Zelle ein. Die Sehzelle sendet dann ihren Distalfortsatz ab, und eine Zwischenganglienzelle nimmt ihn auf, und zwar immer nur einen einzigen. Diese sendet dann selbst wieder distalwärts einen starken Ausläufer, der mit einer äusseren Ganglienzelle in Verbindung tritt. Von den letzteren kann alsdann eine einzige auf diese Weise entweder wieder mit nur einer einzigen Zwischenganglienzelle, oder aber mit mehreren derselben (bis zu 4) zugleich Verbindung erhalten.

Der Margo limitans externus ist scharf und deutlich ausgedrückt. Veränderungen sind in und an ihm keine eingetreten.

Die Spuren einer Granulosa externa zwischen innerer und äusserer Körnerschicht sind zahlreicher geworden, doch haben die Spalträume an Breite nicht zugenommen.

Distal schliesst sich an die innere Körnerschicht die Granulosa interna an. Ihre Mächtigkeit beträgt, im Augenhintergrunde, wie in der Nähe der Iris, konstant etwa 0,0196 mm. Ihr Bau hat sich in nichts verändert. Die in ihr liegenden Reserveopticusganglienzellen sind viel zahlreicher geworden und liegen noch ebenso unregelmässig zerstreut. Sie sind jetzt sämtlich von kugelige Gestalt mit einem Durchmesser von 0,0066 mm für die Zelle, 0,0056 für den Kern. Bezüglich ihrer allseitigen Fortsätze ist nichts Neues zu bemerken.

Die nun folgende Schicht der Opticusganglienzellen hat eine Dicke von 0,0133 mm. Ihre Zellen sind ebenfalls sehr unregelmässig angeordnet; stellenweise liegen sie sogar in zwei Reihen hintereinander, dergestalt, dass die Elemente der tiefer in der Netzhaut steckenden Lage hinter den Zwischenräumen zwischen den Zellen der den distalen Rand einnehmenden Schicht ihren Platz erhalten haben. Sie sind sämtlich kugelig; ihr Durchmesser beträgt 0,0079, der ihres Kernes 0,0053 mm. Ihre proximalwärts gerichteten, zahlreichen, feinen Fortsätze haben weder, was Länge, noch, was Stärke betrifft, gegen das vorige Stadium eine Veränderung aufzuweisen. Ihr proximaler Hauptfortsatz ist stets in Verbindung mit einer Zelle der inneren Ganglienschicht. Der einzige Distalfortsatz, die Opticusfaser, zeigt nichts Neues. Seitenfortsätze existiren nirgends.

Die Betrachtung der Flächenausbreitung der einzelnen Netzhautschichten zeigt Folgendes:

Die Sehzellen finden sich, vom Augenhintergrunde ausgehend, bis zum Beginn der Iris. Es ist jedoch dabei zu bemerken, dass die höher und höchstentwickelten Formen derselben entweder auf die Parthieen des Augenhintergrundes beschränkt sind, oder doch sich in den davon entfernteren Theilen der *Retina* nur noch vereinzelt finden. So gehen z. B. diejenigen Sehelemente, welche unter allen die weitgehendste Differenzierung aufweisen, d. h. diejenigen, welche mit den äusseren Ganglienzellen in direkter Verbindung stehen, in der dorsalen Netzhaut nicht über die distale Grenze des proximalen

Augendrittels hinaus; ventral reichen sie etwas weiter nach vorn, jedoch auch niemals über das Niveau des Augenaequators weg. Sämmtliche Ganglienzellenlagen (mit Ausnahme der Zwischen-ganglienzellen, die eine Strecke vorher aufhören) erstrecken sich bis zur proximalen Irisgrenze, also bis zum vorderen Ende der eigentlichen Netzhaut. Ebenso verhalten sich, wie schon oben gezeigt, die inneren Körnerzellen und die Granulosa interna. Die äussere Körnerschicht setzt sich durch ihre Körnerzellen in die mehrschichtige pars retinalis Iridis fort. Die Binde-gewebsfaserschicht bildet eine Strecke über die Grenze zwischen Netzhaut und Iris hinaus den inneren Rand der letzteren.

Was die übrigen Bindegewebstheile der *Retina* betrifft, so zeigen Stützfasern und Stützzellen in ihrem Verhalten nichts Neues. Nur die Grössenverhältnisse der letzteren haben sich geändert, denn sie messen jetzt 0,0099 : 0,0026, ihre Kerne 0,0072 : 0,0020 mm. Die Stützfasern lassen sich nur bis an das Pigmentepithel verfolgen, in dessen Pigmentmassen sie verschwinden.

Der Kegel, den die von der foetalen Augenspalte aus dem Innenrande der Netzhaut aufgelagerte Bindegewebsschicht bildet, hat sich etwas abgeflacht; er besitzt nur noch eine Höhe von 0,03 mm. Die Flächenausdehnung der Schicht scheint etwas zugenommen zu haben.

Stadium IX (22,3 mm). Taf. V. Fig. 59.

Die Netzhaut dieses Embryo ist im Augenhintergrund 0,1113 mm dick. Sie hält sich bis kurz vor der proximalen Irisgrenze in derselben Mächtigkeit, geht aber dann rasch, dorsal wie ventral, auf 0,0455 mm herunter.

Die innere Körnerschicht hat eine Stärke von 0,0359 mm im Augenhintergrunde. Die Körnerzellen machen etwa die Hälfte ihrer sämmtlichen zelligen Bestandtheile aus; sie sind rundlich-oval und zeigen die Verhältnisse 0,0049 : 0,0036, ihre Kerne 0,0039 : 0,0033 mm. Ihre lange Achse verläuft im Allgemeinen annähernd senkrecht zur Oberfläche der Netzhaut. Die inneren Ganglienzellen bilden eine einfache, jedoch nicht sehr regelmässige Lage. Oefters finden sich einzelne von ihnen ein Stück weit in die Tiefe der Schicht, und andererseits auch, freilich viel seltener, ein wenig in die distal sich anschliessende Granulosa interna hinein verschoben. Sie sind kugelig und haben einen Durchmesser von 0,0059, die Kerne von 0,0049 mm. Ihre Proximalausläufer sind wohlentwickelt, zahlreich und ziemlich lang. Lateralfortsätze fehlen gänzlich. Von distalen Fortsätzen findet sich in den meisten Fällen nur der eine, sehr starke, durch welchen die Zelle mit Elementen der Opticusganglienschicht in Verbindung tritt. Ganz selten lassen sich indessen ausserdem noch einzelne feine Nebenausläufer constatiren, die, ebenfalls distalwärts gerichtet, in die Granulosa interna hineinragen, dort aber bald verschwinden.

Die den proximalen Rand der inneren Körnerschicht bildende, ebenfalls einfache Lage der äusseren Ganglienzellen ist viel regelmässiger angeordnet. Ihre kugeligen Elemente sind grösser (Zelle 0,0079, Kern 0,0059 mm Durchmesser) und liegen enge aneinander gedrängt. Hinsichtlich ihrer Ausläufer gilt das für's vorige Stadium Gesagte.

In den centralen Theilen der inneren Körnerschicht finden sich jetzt wieder reichliche, kugelige Ganglienzellen, die nach allen Richtungen kurze, feine Ausläufer abgehen lassen, ohne vermittelt derselben aber irgend welche direkte Verbindung einzugehen. Ihr Durchmesser, sowie der ihrer

Kerne, kommt demjenigen der inneren Ganglienzellen, resp. demjenigen von deren Kernen im Allgemeinen gleich, doch finden sich auch gelegentlich kleinere Exemplare. Die beschriebenen Zellen, grössere und kleinere, halten sich vorwiegend in der Nähe der inneren Ganglienzellen, doch kommen auch viele in der Nachbarschaft der äusseren vor. Sie sind zweifellos auch bei diesem Stadium wieder als Reserveelemente, und zwar für beide Ganglienzellenlagen, aufzufassen.

Die äussere Körnerschicht, die sich an die innere proximal unmittelbar anschliesst, ist im Augenhintergrund 0,0182 mm dick. Die Körnerzellen sind in ihr sehr spärlich vertreten und, was die Richtung ihrer Hauptachsen betrifft, ganz unregelmässig gelagert. Sie messen 0,0059 : 0,0049, ihre Kerne 0,0046 : 0,0033 mm.

Die Sehzellen formiren mit ihren Kornzellen an der äusseren Netzhautgrenze zwei hintereinander liegende Schichten, von denen freilich die innere sehr lückenhaft ist und häufig durch andere Zellen, innere Körner oder Zwischenganglienzellen, unterbrochen wird. Auch die äussere Lage, obwohl entschieden geschlossener, zeigt noch mannigfache Unterbrechungen. Man kann bei den Sehzellen die Aufstellung von zwei Serien, die sich durch ihren Ausbildungsgrad unterscheiden, durchführen. Die erste, augenscheinlich ältere, derselben bilden diejenigen, deren Kornzellen, wie bereits beschrieben, mehr in der Tiefe der Schicht liegen. Die jüngere Serie ist dem Rande genähert. Diese Eintheilung kann indessen keineswegs ganz strenge durchgeführt werden, da sich zwischen beiden Serien häufig genug Uebergangsstadien finden, sowohl was die Lage der Kornzellen, als was den Ausbildungsgrad der Sehelemente selbst betrifft. Auch innerhalb der Serien stehen die Sehzellen durchaus nicht etwa alle auf derselben Stufe der Entwicklung. Für die Serie I, diejenige der älteren, kann als gemeinsames Merkmal stets der Umstand gelten, dass sich hier die Sehelemente immer scharf in die vier Theile: Kornzelle, Stiel, Mittelglied und Endglied differenzirt haben. Freilich kommt diese Gliederung auch häufig bei Zellen der Serie II vor; das Merkmal ist also nur ein negatives: fehlt es, so kann das Element nicht zur älteren Abtheilung gehören.

Die Kornzellen der Serie I liegen, wie mehrfach bemerkt, stets eine Strecke (Maximum 0,0054 mm) vom äusseren Netzhautrand entfernt, während diejenigen der Serie II ihn fast immer direkt berühren und nur ganz selten, und dann auch immer höchstens ein ganz kleines Stückchen weit, in die Tiefe der *Retina* hineingerückt sind.

Bei Beschreibung der Sehzellen im Besonderen mag es wieder genügen, wenn ich einzelne der „typischen“ Exemplare, wenn man diesen Ausdruck gebrauchen darf, herausgreife.

Die entschieden höchstentwickelten Sehzellen der Serie I zeigen folgende Verhältnisse. (Taf. V, Fig. 59 a.) Die Kornzelle ist mit ihrem proximalen Pole 0,005 bis 0,0054 mm von der äusseren Retinagrenze entfernt. Sie ist oval und misst 0,0066 : 0,0053 mm; ihre lange Achse steht stets senkrecht zur Netzhautoberfläche. Ihr Kern, das Korn, zeigt die Masse 0,0053 : 0,0043 mm. Der in der Richtung der Hauptachse gegen den äusseren Netzhautrand hinziehende Stiel ist sehr schmal; er hat eine Länge von 0,0016 mm. An ihn schliesst sich das tonnenförmige Mittelglied, das bei einer Maximaldicke von 0,0023 mm, an seiner distalen, wie an seiner proximalen Grenze 0,0016 mm breit ist. Das Endglied hat eine convexe Basis, mit welcher es in eine entsprechende Concavität des Mittelgliedes eingelassen erscheint. Es besitzt Kegelgestalt und hat eine Höhe von 0,0033 mm, bei 0,0016 mm Basisbreite. Stiel und Mittelglied gehen ohne innere Grenze ineinander über. Sie sind von ziemlich trübem, dichtem Protoplasma gleichmässig erfüllt, das sich gegen das weit hellere des basalen End-

gliedes sehr scharf abhebt. Die Spitze des letzteren erscheint dann wieder etwas dunkler. Distalwärts endigt die Kornzelle in einen Faden, vermittelt dessen sie in direkten Zusammenhang mit einer der äusseren Ganglienzellen tritt, die nur diesen einzigen Ausläufer in sich aufnimmt.

Bei einer anderen, etwas selteneren Sehzellenart der Serie I (Taf. V, Fig. 59 b) hält sich die Kornzelle vom äusseren Rande der Schicht 0,0048—0,0052 mm entfernt und zeigt die Verhältnisse 0,0059:0,0046, während ihr Kern 0,0049:0,0036 mm misst. Ihre lange Achse verläuft ebenfalls senkrecht zur Retinafläche. Der Stiel ist 0,0026 mm lang. Das proximal folgende, 0,0026 mm lange Mittelglied hat die Form eines Kegels mit distalwärts gerichteter Spitze. Seine Basis ist 0,0020 mm breit. Hieran schliesst sich das in eine scharfe Spitze ausgezogene, kuppelförmige Endglied. Dasselbe hat auf dem Längsschnitte die Gestalt eines Blattes, welches an seiner, dem Mittelglied anliegenden Basis 0,0020 mm breit ist, dann, etwa in der Mitte seiner 0,0039 mm betragenden Länge, auf 0,0026 mm anschwillt, um rasch wieder abzunehmen und, wie gesagt, in einer Spitze zu endigen. Was das Innere der Anlage betrifft, so setzt sich die ganz helle Kornzelle in den etwas dunkleren Stiel, dieser in das Mittelglied mit allmählichem Uebergang in der Dichtigkeit des erfüllenden Protoplasmas fort. Das dunkle Mittelglied ist gegen das sehr feine, helle Protoplasma des basalen Endgliedes scharf abgehoben. Die Spitze des letzteren ist dann wieder dunkler. Distalwärts hängt auch hier immer nur eine einzige solche Sehzelle mit einer einzigen äusseren Ganglienzelle, und zwar direkt, durch Fortsatz, zusammen.

Bei einer dritten, noch weniger häufig vorkommenden Zellart (Taf. V, Fig. 59 c) der Serie I ist die Kornzelle von der proximalen Netzhautgrenze niemals weiter als 0,0039 mm entfernt. Sie ist ungefähr kugelig und hat 0,0050, ihr ebenso gestalteter Kern 0,0040 mm Durchmesser. Der Stiel ist 0,0013 mm lang. Es folgt nun das Mittelglied in Gestalt eines 0,0033 mm hohen Kegels, dessen Spitze die Fortsetzung des Stieles bildet, während die 0,0026 mm breite Basis mit derjenigen des ebenfalls conischen Endgliedes zusammenfällt. Die Grundfläche des letzteren ist jedoch nur 0,0020 mm breit; seine Länge stellt sich auf 0,0039 mm. Das die ganze Anlage füllende Protoplasma ist sehr hell und fein; leichte Verdichtungen kommen nur im distalen Theile des Mittelgliedes, sowie in der Spitze des Endgliedes vor; scharfe, durch eine verschiedene Dichtigkeit des Protoplasmas hervorgerufene Abgrenzungen der einzelnen Glieder gegeneinander fehlen im Innern der Sehzelle vollständig. Auch sie steht mit einer äusseren Ganglienzelle in direkter Verbindung.

Von den Sehzellen der Serie II zeigt die am weitesten vorgeschrittene, übrigens sehr seltene Art folgendes Verhalten. Die Kornzelle stösst, wie in dieser Serie fast immer der Fall, an den Aussenrand der Netzhaut. Sie ist 0,0046 mm lang und 0,0039 mm dick; ihr Kern hat die Mafse 0,0033:0,0029 mm. Die lange Achse ist häufig gegen die Oberfläche der Netzhaut ein wenig geneigt. Der an die Kornzelle sich proximal anschliessende, dünne Stiel ist 0,0016 mm lang und geht in die Spitze des Kegels über, der das Mittelglied darstellt. Dieses hat eine Länge von 0,0033 mm bei 0,0023 mm Basisbreite. Das nun folgende Endglied, ebenfalls kegelförmig, setzt sich mit seiner 0,0013 mm breiten Basis an das Mittelglied an. Es ist 0,0020 mm lang. Scharfe Grenzen im Innern lassen sich bei diesen Sehzellen nicht erkennen. Das dunklere Protoplasma des Stiels und des distalen Mittelgliedes geht ganz allmählich in das feine, helle über, welches das proximale Mittelglied und das basale Endglied erfüllt, und dieses ebenso wieder in die dichteren, dunkleren Parthieen der Spitze.

Eine direkte Verbindung mit äusseren Ganglienzellen existirt nicht. Den Zusammenhang vermitteln immer Zwischenganglienzellen, welche die Distalfortsätze der Kornzellen aufnehmen und durch ihrerseits distalwärts abgesandte Ausläufer mit einer Ganglienzelle in Connex stehen. Es kommt hiebei öfters vor, dass eine einzige von den letzteren die Fortsätze mehrerer Zwischenganglienzellen auf sich vereinigt. Diese sind von kugeligter Gestalt. Sie haben einen Durchmesser von 0,0066, ihr Kern von 0,0053 mm.

Die grosse Mehrzahl der die Serie II bildenden Sehzellen ist indessen viel weniger hoch ausgebildet, als die soeben beschriebenen. Vor Allem fehlt es dabei an einem eigentlichen Stiel, und ebenso lässt sich eine Trennung des Sehelementes in Mittel- und Endglied meist nicht einmal in der ersten Andeutung erkennen. (Taf. V, Fig. 59 d, e.) Die Kornzelle, die der äusseren Retinagrenze stets unmittelbar anliegt, misst 0,0066 : 0,0050, das Korn 0,0046 : 0,0042 mm; die Längsachse zeigt oft eine beträchtliche Neigung gegen die Oberfläche der Netzhaut. Das durch die proximale Auswachsung der Kornzelle gebildete Sehelement hat, auf dem Längsschnitte betrachtet, die Gestalt eines kurzen, gedrungenen, in eine Spitze auslaufenden Blattes. Seine 0,0016 breite Basis legt sich an den Proximalpol der Kornzelle an; es ist 0,0029 mm lang und hat eine Maximalbreite von 0,0023 mm. Gegen die Kornzelle ist die Anlage des Sehelementes stets scharf abgesetzt, da es in seinen distalen Parthieen aus sehr dichtem, dunklem Protoplasma besteht, während dasjenige der Kornzelle selbst ganz fein und hell ist. Die Spitze der Sehzelle ist ebenfalls dunkel, wie überhaupt alle peripherischen Parthieen der ganzen Anlage. Nur ihre centralen Theile, soweit sie eben nicht der Spitze oder dem Basaltheil angehören, zeigen erheblich helleren Inhalt. Die Verbindung mit den äusseren Ganglienzellen vollzieht sich ausschliesslich durch Vermittlung von Zwischenganglienzellen in der geschilderten Weise.

Eine der beschriebenen sehr ähnliche Zellart (Taf. V, Fig. 59 f) unterscheidet sich von ihr in der Hauptsache nur dadurch, dass sich der Basaltheil des Sehelements ein wenig verdünnt (bis auf etwa 0,0013 mm) und etwas gestreckt hat, wobei er jedoch höchstens eine Länge von 0,001 mm erreicht. Es ist darin aber immerhin der Anfang einer Stielbildung nicht zu verkennen.

In den vom Augenhintergrund entfernten Theilen der Sehzellschicht kommen auch noch niedriger stehende Formen von Sehzellen vor; nur äusserst selten jedoch finden sich darunter solche, die noch einfach auf der Stufe der Körnerzelle stehen. Die Form der hohen Kuppelzelle, wie sie sich auf früheren Entwicklungsstufen so häufig fand, scheint hier im Allgemeinen die untere Grenze der Sehzellausbildung darzustellen.

Der *Margo limitans externus* der früheren Stadien hat sich nunmehr ein bedeutendes Stück weiter entwickelt. An seiner Stelle zeigt sich jetzt eine Art doppeltcontourirter Membran, deren äussere Begrenzung sehr scharf ausgesprochen ist, während sich die innere noch nicht als deutliche Linie, sondern nun ihrerseits wieder als Grenze der protoplasmatischen Zwischensubstanz darstellt. Diese zeigt hier ganz dieselbe Verdichtung, die auf früheren Entwicklungsstufen die einzige äussere Begrenzung der äusseren Körnerschicht, also den *Margo* gebildet hatte. Der Raum innerhalb der äusseren Contour ist von ungemein feinem, absolut gleichmässigem, hellem Protoplasma erfüllt. Von den, bei den letztbeschriebenen Stadien nachweisbaren Anfängen einer *Granulosa externa* zwischen äusserer und innerer Körnerschicht konnte ich hier keine Spur finden.

Auf die innere Körnerschicht folgt dann distalwärts die *Granulosa interna*, im Augenhintergrund 0,0393 mm stark, die ihrer Hauptmasse nach aus ziemlich grobem, fleckig aussehendem,

protoplasmatischem Gerinnsel besteht. Die sich ausserdem in ihr findenden Ganglienzellen stellen ausschliesslich Reserveelemente für die Opticusganglienschicht dar. Sie sind sehr zahlreich und lassen eine, freilich keineswegs strenge durchgeführte, Anordnung in zwei Horizontallagen erkennen, von denen die eine sich in der Nähe der inneren Ganglienzellen hält, während die andere etwa in der Mitte zwischen jenen und den Opticusganglienzellen hinzieht. Dazwischen schieben sich aber noch häufig Ganglienzellen derselben Art, die den Uebergang der verschiedenen Lagen ineinander zu vermitteln scheinen. Die Reserveopticusganglienzellen besitzen meistens die Dimensionen der Opticusganglienzellen selbst (Durchmesser 0,0079, Kern 0,0053 mm). Es kommen aber auch kleinere vor, und daneben, freilich ganz selten, solche, die nicht kugelig sind, sondern rundlich-ovale Gestalt besitzen. Sie senden sämtlich nach allen Seiten feine, kugelige Ausläufer, treten aber damit in keine Beziehung untereinander, oder zu anderen Zellen, und zwar weder durch direkten Zusammenhang, noch durch Kontakt. Bei einzelnen von ihnen, die den Opticusganglienzellen am nächsten liegen, hat sich zuweilen ein distalwärts gerichteter Fortsatz besonders stark und lang entwickelt und lässt sich dann oft bis zwischen die Opticusganglienzellen hinein, weiter aber niemals verfolgen.

Ausserdem tritt in der Granulosa interna noch eine weitere Art von Zellen auf, die mit den inneren Körnerzellen die grösste Ähnlichkeit haben. Dieselben sind ebenfalls rundlich-oval, und ihre Kerne besitzen dieselben Dimensionen, wie jene (0,0039 : 0,0033 mm); die Zellen selbst sind aber meistens etwas grösser (0,0063 : 0,0039 mm). Sie sind zwar viel weniger zahlreich, als die Ganglienzellen der Schicht, finden sich aber doch immerhin ziemlich häufig, besonders in deren proximaler Hälfte. Seltener sind sie in der Nähe der Opticusganglienzellen, fehlen indessen auch hier keineswegs gänzlich. Es handelt sich dabei m. E. um innere Körnerzellen, die, von der inneren Körnerschicht herkommend, erst wenig in der Entwicklung zu Ganglienzellen vorgeschritten sind: es wären demnach also wieder Reservezellen der Reserveopticusganglienzellen. Zum Theil mögen sie freilich auch einfach die Bestimmung haben, durch Zerfall zu der im Laufe des allgemeinen Augenwachstums nothwendig werdenden Massenvermehrung der Grundsubstanz beizutragen. In diesem Falle würden sie dann allerdings nicht erst den Anfang einer Weiterentwicklung zu Ganglienzellen gemacht haben, und es finden sich unter ihnen auch in der That gelegentlich einzelne Exemplare, die sich in Nichts von den inneren Körnerzellen unterscheiden. Freilich habe ich andererseits beim vorliegenden Stadium auch niemals Zellen oder Kerne antreffen können, die bereits im Zerfall gewesen wären.

Die weiter nach Innen folgende Schicht der Opticusganglienzellen hat eine Mächtigkeit von 0,01 mm. Die Zellen liegen in einfacher, etwas unregelmässiger Lage, nicht eben dicht gedrängt, aber auch ohne auffallende Lücken zwischen sich zu lassen. Sie sind kugelig mit einem Durchmesser von 0,0079 mm, ihr Kern besitzt einen solchen von 0,0053 mm. Ihre zahlreichen Proximalfortsätze sind wohl entwickelt und ziemlich lang. Der proximale Hauptausläufer lässt sich häufig bis zu seiner Vereinigung mit einer inneren Ganglienzelle verfolgen. Lateralfortsätze fehlen; der einzige distale bildet die Opticusfaser.

Die innerste Netzhautschicht, diejenige der Opticus- und Bindegewebsfasern, im Augenhintergrunde 0,0099 mm stark, verdient diese Bezeichnung nun eigentlich nicht mehr, da von Bindegewebszügen, mit Ausnahme der den Verzweigungen der Müller'schen Fasern angehörigen, jetzt, wenigstens im Augenhintergrunde, auch keine Spur mehr zu entdecken ist. Die Schicht besteht lediglich aus protoplasmatischem Gerinnsel, das demjenigen der Granulosa interna vollkommen gleicht,

und ist in ihrer proximalen Hälfte von den Opticusfasern in horizontaler, ihrer ganzen Breite nach von den Stützfasern in radiärer Richtung durchzogen. Sie hat eine Mächtigkeit von 0,0079 mm.

Ueber die Flächenausbreitung der einzelnen nervösen Schichten der Retina ist Folgendes zu bemerken:

Die innere Körnerschicht geht, ungefähr in derselben Stärke verharrend, bis zur proximalen Irisgrenze, die dorsal 0,1885, ventral 0,1365 mm vom freien Irisrande entfernt ist. Dort kann sie von der äusseren Körnerschicht nicht mehr unterschieden werden, da die äusseren und inneren Ganglienzellen schon eine Strecke vorher (in einer Entfernung von 0,0325 mm vom proximalen Irisanfang) aufgehört haben, und die sich noch weiterhin findenden Reservezellen beider Ganglienzelllagen in diesen Grenzparthien den Körnerzellen sehr ähnlich sehen. Es lässt sich also nicht sagen, welche der beiden Schichten, resp. wieviel von jeder, sich in den mehrschichtigen Theil der pars retinalis Iridis fortsetzt. Die Reserveopticusganglienzellen reichen bis auf eine Distanz von dorsal 0,0195, ventral 0,0130 mm an die Iris heran.

Von den Sehzellen hören die am weitesten vorgeschrittenen, d. h. fast die ganze Serie I, schon in einer Entfernung von dorsal 0,0455, ventral 0,0390 mm von der proximalen Irisgrenze auf; sie gehen also dorsal wenig über den Augenaquator, ventral nicht über die Proximalgrenze des distalen Bulbusdrittels distalwärts hinaus. Auch die höchstentwickelten Sehzellen der Serie II dringen nicht weiter vor, ja sie scheinen sogar schon etwas früher aufzuhören. Die dem vorderen Augenpole mehr genäherten Theile der Sehzellschicht werden bis zur Grenze der Iris ausschliesslich aus den weiter zurückgebliebenen Elementen der Serie II gebildet, und zwar treten auch hier die höher differenzirten Formen, je weiter man in der Netzhaut distalwärts kommt, umsomehr zurück.

Die Zwischenganglienzellen und Opticusganglienzellen halten in ihrer Ausbreitung gleichen Schritt mit den äusseren und inneren Ganglienzellen. Die Reserveopticusganglienzellen dringen weiter gegen den distalen Augenpol hin vor, ihre letzten Vertreter finden sich dorsal 0,0195, ventral 0,0130 mm vom hinteren Irisrande entfernt.

Für alle fertigen Ganglienzellen der Retina (also excl. der Reservezellen) gilt auch hier der Satz, dass sie sich im Augenhintergrunde dichter gedrängt finden, als in den davon entfernteren Netzhauttheilen. Die Reservezellen haben im Augenhintergrunde stets deutliche Ausläufer entwickelt, überhaupt ein den wirklichen Ganglienzellen viel näher kommendes Aussehen erlangt, als weiter vorn. Der direkte Zusammenhang zwischen inneren Ganglienzellen und Opticusganglienzellen lässt sich im Augenhintergrunde entschieden weit häufiger nachweisen.

Die Granulosa interna hört mit den Reserveopticusganglienzellen zugleich auf. Die Opticusfaserschicht ist an das Vorkommen der Opticusganglienzellen gebunden. Die Bindegewebsfaserschicht setzt sich eine kurze Strecke weit über die Irisgrenze hinaus fort und bekleidet, hier noch selbständige Faserzüge führend, den Innenraum der pars retinalis Iridis.

Von den übrigen, bindegewebigen Theilen der Netzhaut ist wenig Neues zu berichten.

Die Stützfasern, Müller'schen Fasern, inseriren an der Membrana limitans interna nunmehr ausschliesslich mit den bekannten kegelförmigen Auftreibungen, den sog. „dreieckigen Füßchen“, die sehr deutlich ausgeprägt sind, in ihrem Innern indessen keine Spur einer Differenzirung zeigen. Die Stützfasern ziehen sich ziemlich gestreckt durch die Netzhaut hin und geben allenthalben kleine Seitenzweige ab. Eine Ausnahme machen hiebei nur die Theile, die in der Granulosa interna und

zwischen den Sehzellen liegen: hier fehlen Verästelungen der Müller'schen Fasern vollständig. Besonders reichlich sind sie dagegen zwischen den beiden Körnerschichten. Die Stützfasern lassen sich sehr häufig über den Margo limitans externus hinaus, bis ins Pigmentepithel hinein, nachweisen.

Stützzellen finden sich durch die ganze Netzhaut zerstreut, besonders reichlich in der distalen Hälfte der inneren und in der ganzen äusseren Körnerschicht; sie fehlen nur in der Schicht der Bindegewebs- und Opticusfasern. Ihre Länge beträgt 0,0099, ihre Breite 0,0036 mm; der Kern ist 0,0059 mm lang und 0,0026 mm dick.

Die vom Opticus her auf der inneren Netzhautfläche ausgebreitete Bindegewebsschicht hat, weder was Bau, noch, was Ausdehnung betrifft, irgend welche Veränderung gegen früher erlitten.

Stadium X (27,5 mm). Taf. V. Fig. 60.

Im Hintergrunde des Auges ist die Retina 0,11 mm dick. Sie hält sich etwa in derselben Stärke bis nahe an die Iris hin, in die sie aber nicht direkt, sondern durch Vermittlung einer Art von Uebergangsschicht¹⁾ sich fortsetzt. Letztere (deren nähere Beschreibung sich in dem Abschnitte über die Iris findet) ist an ihrer retinalen Grenze 0,0585 mm dick, an der Iris beträgt ihre Stärke noch 0,0195 mm. Lang ist sie dorsal 0,0195, ventral 0,0221 mm.

Die innere Körnerschicht ist im Augenhintergrunde 0,0325 mm mächtig.

Die inneren Körnerzellen sind in ihr wieder sehr zahlreich geworden; sie machen über die Hälfte sämtlicher zelligen Bestandtheile der Schicht aus. Abgesehen von einzelnen, ganz seltenen, etwas kleineren Exemplaren, zeigen sie durchweg die Mafsverhältnisse 0,0053 : 0,0043 mm für die Zelle, 0,0043 : 0,0036 mm für den Kern. Die Richtung ihrer langen Achsen ist sehr mannigfaltig, doch hält sich dieselbe immerhin bei der Mehrzahl annähernd senkrecht zur Netzhautoberfläche. Mit Ausnahme der äusseren Ganglienschicht, zwischen deren Elemente sie sich niemals eindringen, finden sich die inneren Körnerzellen durch die ganze innere Körnerschicht verbreitet. Am dichtesten stehen sie in den centralen Parthieen derselben, doch treten sie auch, und zwar je weiter vom Augenhintergrunde entfernt, umso zahlreicher, zwischen den Reserveganglienzellen und den inneren Ganglienzellen auf, ja sie dringen, wie bei Beschreibung der Granulosa interna näher ausgeführt werden soll, sogar noch in diese ein.

Die Schicht der inneren Ganglienzellen ist ebenfalls wieder einfach, doch liegen ihre Elemente noch unregelmässiger, als beim vorigen Stadium. Sie sind im Allgemeinen noch häufiger durch grössere, oder kleinere Abstände von einander getrennt, in die sich meistens andere Zellen, seien es nun innere Körner oder Stützzellen, eingeschoben haben. Gelegentlich ist aber auch einmal letzteres nicht der Fall, und der Raum zwischen zwei inneren Ganglienzellen wird dann lediglich von der protoplasmatischen Grundsubstanz der Netzhaut eingenommen. Ein Hineintreten der Ganglienzellen in das Gebiet der Granulosa interna findet sich nicht mehr so häufig, wie beim vorigen Stadium; das scheinbare Eindringen in die Tiefe der inneren Körnerschicht selbst ist dagegen jetzt entschieden in noch grösserer Ausdehnung zu konstatieren. Die kugeligen Zellen haben 0,0066, ihre Kerne 0,0046 mm

¹⁾ Die von mir als Uebergangsschicht oder Uebergangszone bezeichnete Retinaparthie entspricht im Allgemeinen dem Netzhauttheil, der sonst als Ora serrata bezeichnet wird. Ich gebrauche im Folgenden beide Ausdrücke als ganz gleichbedeutend.

Durchmesser. Ihre zahlreichen Proximalausläufer reichen in einzelnen Fällen bis zur proximalen Grenze des proximalen Drittels der inneren Körnerschicht. Zuweilen glaubte ich auch Verzweigungen dieser Fortsätze konstatieren zu können. Von seitlichen Ausläufern fehlt jede Spur. Distalwärts findet sich nur der eine, stark entwickelte, der die Verbindung mit der Opticusganglienzelle vermittelt, und der sich nunmehr ausnahmslos von jeder inneren Ganglienzelle aus wenigstens ein Stück weit, in seinem ganzen Verlaufe natürlich nur in einzelnen Fällen, verfolgen lässt.

Die äusseren Ganglienzellen sind auch auf dieser Entwicklungsstufe entschieden viel regelmässiger angeordnet, als die inneren. Sie bilden an dem proximalen Rande der Schicht eine einfache Lage, deren Elemente zwar nicht sehr dicht gedrängt stehen, aber doch auch nur ganz selten durch grössere Zwischenräume, niemals durch anders geartete Zellen von einander getrennt werden. Die äusseren Ganglienzellen sind sämtlich kugelig und haben einen Durchmesser von 0,0063, ihr Kern von 0,0049 mm.

In ihrer unmittelbaren Nachbarschaft, distal von ihnen, sowie ganz ebenso proximal von den inneren Ganglienzellen, liegt nun wieder, und zwar diesmal je in einer einfachen, freilich sehr lückenhaften Lage angeordnet, eine grosse Anzahl weniger hoch entwickelter, kugeligter Ganglienzellen von etwa 0,0062 mm Durchmesser, deren Kerne einen solchen von 0,0043 mm zeigten. Diese Zellen senden nach allen Seiten Ausläufer, welche zuweilen noch auf der Stufe einfacher, höckerförmiger Auftreibungen stehen, meist aber ein wenig weiter fortgeschritten sind. Bei einzelnen von den Zellen, und zwar immer solchen, die den inneren Ganglienzellen sehr genähert sind, hat sich einer der distalwärts gerichteten Ausläufer besonders weit entwickelt; er ist stärker geworden, als die übrigen und lässt sich oft bis an die Proximalgrenze der Granulosa interna hin, in seltenen Fällen sogar noch in diese hinein, konstatieren. Da an den Zellen, welche ein solches Verhalten zeigen, zu gleicher Zeit die Lateralfortsätze geschwunden, oder doch, ebenso, wie die übrigen Distalfortsätze, in Zahl und Ausdehnung sehr zurückgegangen sind, so ist es schwer, oft unmöglich, zu unterscheiden, ob man es mit einer inneren Ganglienzelle, oder einer der beschriebenen, multipolaren Zellen, also wieder einer Reserveganglienzelle zu thun hat. Die Anordnung in zwei den betreffenden Ganglienschichten angrenzende Lagen ist übrigens nicht strenge durchgeführt. Sehr häufig finden sich einzelne Zellen bis in die Mitte der inneren Körnerschicht von beiden Seiten her scheinbar vorgeschoben, und es lässt sich dann bei diesen die, ja nur auf dem Standorte — in Nähe der inneren, oder aber der äusseren Ganglienzellschicht — basierende Unterscheidung von inneren und äusseren Reserveganglienzellen nicht mehr durchführen.

Die äussere Körnerschicht hat im Augenhintergrunde 0,0156 mm Mächtigkeit und behält diese nach vorne bei, bis zu ihrem, kurz vor Beginn der beschriebenen Uebergangszone erfolgenden Zusammenfliessen mit der inneren Körnerschicht. Die äusseren Körnerzellen sind, wenigstens in den Parthieen des Augenhintergrundes, jetzt ganz selten geworden und finden sich immer in einer gewissen Entfernung von den Kornzellen der Sehelemente, meist den äusseren Ganglienzellen angenähert, unter den Zwischenganglienzellen vor. Sie zeigen dieselbe Form und Grössenverhältnisse, wie die inneren Körnerzellen, doch verläuft ihre lange Achse entschieden regelmässiger: sie ist stets nahezu senkrecht zur Fläche der Retina gestellt.

Die für das vorige Stadium durchführbare Eintheilung der Sehzellen in zwei Serien lässt sich hier nicht mehr aufrecht erhalten. Sie stehen, anscheinend bunt durcheinander gemischt, auf

den verschiedensten Stufen der Entwicklung. Ihre Kornzellen liegen theils dem Rande der Schicht genähert, theils sehr weit in die Tiefe gerückt. Die den letzteren angehörigen Sehelemente sind allerdings stets auf einer relativ sehr hohen Stufe der Ausbildung, doch kommen unter den der äusseren Grenzmembran näher liegenden nicht selten ebenso weit fortgeschrittene, ja in einzelnen Fällen augenscheinlich noch weiter entwickelte Formen vor.

Zunächst zur Beschreibung einer, freilich selten vorkommenden, am weitesten in die Tiefe reichenden Sehzellen! (Taf. V, Fig. 60 a.)

Der proximale Zellpol ist 0,0087 mm vom äusseren Netzhautrande entfernt. Die rundlichovale Zelle, deren lange Achse eine zur Membrana limitans externa genau senkrechte Richtung hat, misst 0,0053 : 0,0046, ihr Kern 0,0046 : 0,0031 mm. Proximal folgt ein schmaler, 0,0066 mm langer Stiel, dessen Fortsetzung dann die Spitze des conischen, 0,0029 mm langen, 0,0023 mm basisbreiten Mittelgliedes bildet. Den Beschluss der Anlage macht das ebenfalls ungefähr kegelförmige Endglied, das 0,0033 mm lang ist und mit seiner 0,0013 mm breiten, konvexen Basis in das entsprechend concave, proximale Ende des Mittelgliedes ziemlich tief eingesenkt erscheint. Stiel und Mittelglied sind von ziemlich feinem, hellem Protoplasma ganz gleichmässig erfüllt. Der distale Abschnitt des Endgliedes ist dagegen viel heller und geht ziemlich unvermittelt in den von sehr dunklem Protoplasma gebildeten, proximalen Theil, die Spitze, über. Mittelglied und Endglied werden durch eine deutliche Membran, die sich bei den längsgeschnittenen Sehelementen als scharf ausgesprochene Linie darstellt, von einander getrennt.

Eine andere, jedoch ebenfalls ziemlich seltene Art der hochentwickelten Sehzellen zeigt folgende Verhältnisse: Der proximale Zellpol ist von der Membrana limitans externa 0,0023 mm entfernt. Die zur letzteren ebenfalls genau senkrecht verlaufende, grosse Achse der Kornzelle selbst ist 0,0066, die kleine 0,0053 mm lang. Der Kern zeigt die Masse 0,0047 : 0,0038 mm, der an die Kornzelle sich proximal anschliessende 0,0026 mm lange, sehr dünne Stiel geht in die Spitze des conischen Mittelgliedes über, das 0,0026 mm lang und an seiner (proximalen) Basis 0,0020 mm breit ist. Diese zeigt eine leichte Concavität, der die basale Convexität des hier gleich breiten, auch wieder conischen Endgliedes entspricht. Die Länge des letzteren beträgt 0,0026 mm. Stiel und Mittelglied erfüllt auch hier ganz gleichmässig mittelfeines, nicht sehr dunkles Protoplasma, das sich nur an der proximalen Grenze etwas verdichtet und so das Mittelglied gegen das ganz helle, nur in seiner äussersten Spitze leicht getrübe Endglied aufs Schärfste abhebt: eine Grenzmembran zwischen ihnen besteht nicht.

Die beiden oben beschriebenen Arten von Sehzellen stehen stets durch einen Distalfortsatz in direkter Verbindung mit je einer der äusseren Ganglienzellen, von denen auch wieder eine auf diese Weise immer nur mit einer einzigen Kornzelle zusammenhängt.

Es kommen nun aber auch Sehzellen vor, deren Kornzellen von der äusseren Grenzmembran verhältnissmässig sehr weit entfernt, deren Sehelemente desgleichen hochentwickelt sind, und die trotzdem ihre Verbindung mit der äusseren Ganglienschicht nur durch Vermittlung einer Zwischenganglienzelle herstellen (Taf. V, Fig. 60 b). Der proximale Pol ihrer Kornzelle hält sich vom äusseren Netzhautrande in einer Entfernung von ca. 0,0064 mm. Die Kornzelle zeigt sich in Gestalt und Dimension im Allgemeinen genau, wie bei der ersten, fürs vorliegende Stadium beschriebenen Sehzellart (Zelle 0,0053 : 0,0046, Kern 0,0036 : 0,0031 mm), während Mittel- und Endglied ungefähr die Verhältnisse der zweiten Art aufweisen. (Länge für Mittelglied 0,0029, für Endglied 0,0023, Basisbreite für beide 0,0020 mm.) Der Stiel ist jedoch stets viel länger, als bei der zweiten Art: er misst niemals

weniger, als 0,0067 mm. Auch hinsichtlich der inneren Differenzirung, d. h. der Vertheilung des Protoplasmas, stimmt diese Sehzelle in der Hauptsache mit der an zweiter Stelle beschriebenen überein, nur erscheint bei der eben beschriebenen der Stiel und distale Theil des Mittelgliedes etwas heller; es lässt sich in letzterem also eine feinere und eine gröbere Parthie unterscheiden, die aber ohne jede Grenze ganz allmählich ineinander übergehen.

Von denjenigen Sehzellen, deren Kornzellen der äusseren Netzhautgrenze sehr nahe liegen, haben die meisten jene, für frühere Stadien oft beschriebene Form der hohen, in eine feine Spitze endigenden Kuppel, die auf dem Längsschnitte das Bild eines gedrungenen, stiellosen Blattes bildet, das dem proximalen Kornzellpole aufsitzt. Die Dimensionen sind durchweg sehr ungleich. Die lange Achse der Kornzelle, die keineswegs immer senkrecht zur Membrana limitans externa verläuft, hält sich innerhalb der Grenzen von 0,005 bis 0,0066 mm, während ihre kurze Achse (oder kurzen Achsen, da die Zellen ja stets für Rotationsellipsoide gelten dürfen) zwischen 0,0038 und 0,0043 mm schwankt. Der Kern zeigt im Minimum das Verhältniss 0,0040 : 0,0030, im Maximum 0,0049 : 0,0033 mm. Die Basis der Sehelemente, mit der sie der Kornzelle scheinbar aufsitzen, schwankt in ihrer Breite ebenfalls zwischen 0,0015 und 0,0022 mm, die Sehzelle ist also mit anderen Worten in der Gegend des Ueberganges von Kornzelle in Sehelement bald mehr, bald weniger stark eingeschnürt. Eine Unterscheidung von Mittelglied und Endglied lässt sich bei dieser Sehzellkategorie nicht durchführen. Das Sehelement hat eine Länge zwischen 0,0033 und 0,0023 mm, während seine grösste Dicke, die es stets etwa in der Hälfte seiner Länge erreicht, sich zwischen 0,0026 und 0,0024 mm hält. Nur in vereinzelten Fällen ist das Sehelement durch eine leichte Trübung seines Inhaltes gegen den etwas helleren der Kornzelle abgesetzt, sonst ist die gesamte Sehzelle (natürlich abgesehen vom Kern) von ganz feinem, hellem Protoplasma gleichmässig erfüllt, das nur in der Spitze eine leichte Verdichtung erkennen lässt.

Eine weitere, jedoch ganz seltene Art von Sehzellen berührt mit dem proximalen Pole ihrer Kornzellen die Membrana limitans externa. Die Kornzelle zeigt hier die Masse 0,0066 : 0,0043, das Korn 0,0049 : 0,0033 mm. Das proximal folgende Sehelement lässt eine Unterscheidung von Mittel- und Endglied zu; in ganz vereinzelten Fällen ist auch der erste Anfang zur Differenzirung eines Stieles nachweisbar. Das Mittelglied zeigt auch hier die Gestalt eines Kegels, dessen distalwärts gerichtete Spitze mit der Kornzelle (resp. der Stiellanlage) zusammenhängt. Es ist etwa 0,002 mm lang und an seiner proximal gelegenen, stark concaven Basis 0,0013 mm breit. Das Mittelglied greift hier mit seinen Rändern ein Stück weit auf die Aussenfläche des, an seiner convexen Basis nur 0,001 mm breiten, ebenfalls conischen Endgliedes hinüber. Dieses besitzt eine Höhe (oder Länge) von 0,0013 mm. Das sehr helle Protoplasma der Kornzelle verdichtet sich im Stiel ganz allmählich ein wenig und wird dann im Mittelglied, je weiter nach dessen proximaler Grenze hin, desto dichter und dunkler. Das nur in seiner Spitze getrübe, sonst sehr helle Endglied setzt sich daher gegen das Mittelglied sehr deutlich ab, wenn eine abgrenzende Membran auch in keinem Falle vorhanden ist.

Sämmtliche dem Rande nahegelegenen Kornzellen stehen mit der äusseren Ganglienschicht stets nur durch Vermittlung einer Zwischenganglienzelle in Verbindung, und zwar nimmt dabei eine von diesen stets mehrere von den Distalfortsätzen der Kornzellen in sich auf. Sie selbst sendet dann ebenfalls wieder einen einzigen, distalwärts gerichteten Ausläufer ab, durch den sie mit einer äusseren Ganglienzelle den Zusammenhang herstellt. Es scheint hiebei die Regel zu sein, dass von

den letzteren eine einzige auch wieder nur einen einzigen derartigen Fortsatz aufnimmt, doch lassen sich gelegentlich auch Fälle mit Sicherheit constatiren, in denen eine äussere Ganglienzelle eine ganze Anzahl von Distalfortsätzen der Zwischenganglienzellen auf sich vereinigt. Letztere sind kugelig, Durchmesser 0,0053 mm; ihr ebenso gestalteter Kern ist 0,0039 mm dick.

Die äussere Begrenzung der äusseren Körnerschicht bildet die *Membrana limitans externa*. Dieselbe zeigt sich jetzt in ihrer ganzen Ausdehnung als zweifellose Membran, da nunmehr auch ihre innere Contur deutlich ausgesprochen, wenn auch viel zarter ist, als die äussere. Eine Verdichtung der protoplasmatischen Zwischensubstanz der Retina in ihren der Membran angrenzenden Parthieen ist noch deutlich erkennbar, wenn auch nicht mehr so auffallend, wie beim vorigen Stadium.

An die innere Körnerschicht schliesst sich distal die *Granulosa interna* an. Dieselbe ist im Augenhintergrund 0,0416 mm stark. Gegen vorne nimmt sie zunächst nur ganz allmählich an Mächtigkeit ab, so dass sie z. B. an der proximalen Grenze der oben erwähnten Uebergangsschicht immer noch 0,0364 mm dick ist. Von da ab verdünnt sie sich dann rascher, bis sie ganz verschwindet. Weitaus ihre Hauptmasse bildet, wenigstens im Augenhintergrunde, grobes protoplasmatisches Gerinnsel, das keine bestimmte Anordnung erkennen lässt. In der ganzen Dicke der Schicht finden sich in ihr die gangliösen Elemente, die ich schon auf früheren Entwicklungsstufen als Reservezellen der Opticusganglienschicht bezeichnet habe. Dieselben sind in den Randparthieen der *Granulosa interna*, also in Nachbarschaft der inneren Ganglienzellen einerseits und der Opticusganglienzellen andererseits, besonders zahlreich, kommen aber in den Mittelparthieen der Schicht auch noch sehr häufig vor. Mit Ausnahme der den Opticusganglienzellen am nächsten gelegenen Elemente, senden alle stets nach allen Seiten Ausläufer, die oft eine ziemliche Länge (gelegentlich kann dieselbe dem Durchmesser der Zelle gleichkommen) erreichen, meist aber sich schon sehr bald im Gerinnsel der Grundsubstanz verlieren. Niemals gehen sie untereinander Verbindungen ein. Die am inneren Rande der *Granulosa interna* gelegenen Reserveganglienzellen entbehren der seitlichen Ausläufer, dafür haben sie häufig einen besonders starken distalwärts, und fast immer einen sich durch Länge vor den übrigen auszeichnenden, proximalwärts gerichteten Fortsatz entwickelt. Alle diese gangliösen Elemente haben Kugelgestalt. Ihre Dimensionen entsprechen in den tiefer liegenden Theilen der Schicht denjenigen der inneren Ganglienzellen (Zelldurchmesser 0,0066, Kern 0,0046 mm). Je näher dem inneren Rande der Schicht, desto grösser werden sie, bis sie in der Nachbarschaft der Opticusganglienzellen diesen gleichkommen (Zelldurchmesser 0,0086, Kern 0,0066 mm).

Im proximalen Drittel der Schicht finden sich, zwischen die Reserveganglienzellen eingestreut, zahlreiche andere Elemente, die den inneren Körnerzellen in jeder Beziehung gleichen. Der einzige Unterschied wäre vielleicht der, dass die Richtung ihrer Hauptachse noch viel unregelmässiger ist, als bei den entsprechenden Zellen der inneren Körnerschicht.

Die Schicht der Opticusganglienzellen ist 0,0125 mm breit. Ihre Elemente sind ziemlich unregelmässig gelagert, bald der *Granulosa interna* sehr genähert, ja oft in dieselbe noch etwas hineinragend, bald von derselben weiter entfernt. Von einer Anordnung in zwei Reihen hintereinander ist jedoch niemals die Rede. Sie liegen an keiner Stelle dichtgedrängt, doch sind die Zwischenräume auch niemals bedeutend. Neben zahlreichen, kurzen Proximalfortsätzen schicken sie je einen einzigen, besonders stark entwickelten aus, der mit dem Distalfortsatz einer inneren Ganglienzelle sich vereinigt

und so eine direkte Verbindung zwischen beiden Ganglienzellenlagen herstellt. Bei der grossen Länge dieses Nervenfadens habe ich denselben in den Schnittpräparaten natürlich nur selten in seiner ganzen Ausdehnung ununterbrochen verfolgen können, dann aber war er auch mit vollkommener Sicherheit nachzuweisen. Lateralfortsätze fehlen den Opticusganglienzellen vollständig, und ebenso distalwärts gerichtete, mit Ausnahme der Opticusfaser.

Die auf früheren Stadien als Schicht der Opticusfasern und Bindegewebsfasern bezeichnete Sammelschicht lässt sich jetzt in zwei Theile zerlegen, d. h. man kann eine proximale Parthie, auf die sich das Vorkommen der Nervenfasern beschränkt, als Opticusfaserschicht einer distalen Bindegewebsfaserschicht gegenüberstellen.

Die Opticusfaserschicht ist im Augenhintergrunde 0,004 mm stark. Die Nervenfasern liegen unregelmässig, bald dicht gedrängt, bald wieder einzeln verlaufend, in der aus protoplasmatischem Gerinnsel und Bindegewebsfasern gebildeten Grundsubstanz.

Die Bindegewebsfaserschicht hat eine Mächtigkeit von ca. 0,0038 mm; doch ist dabei zu berücksichtigen, dass sie sich in den Parthieen des Augenhintergrundes meist von der im Umkreise des N. Opticus der Retina innen aufgelagerten Bindegewebschicht nicht trennen lässt. Die angegebene Zahl bezieht sich daher nur auf die dem distalen Augenpole näher gelegenen Theile, bis zu welchen sich jene Schicht noch nicht ausgedehnt hat, oder in welchen wenigstens die verschiedene Richtung der beiderseitigen Bindegewebszüge noch eine Unterscheidung möglich macht.

In vereinzelt Fällen schon zwischen den Opticusganglienzellen, noch mehr aber zwischen den Opticusfasern und besonders in der Bindegewebsfaserschicht, liegen zahlreiche, kernartige Protoplasma-zusammenballungen, die ihrem ganzen Aussehen nach als zerfallende Zellen resp. Kerne aufgefasst werden müssen. Sie haben verschiedene Grösse und meist rundlich-ovale, niemals aber langgestreckte Form.

Bezüglich der Flächenausbreitung der beschriebenen, vorwiegend nervösen Netzhautschichten ergibt sich Folgendes:

Die äussere Körnerschicht lässt sich in ihrer Gesamtheit, wie bereits bemerkt, bis an die Uebergangsschicht hin verfolgen, an welcher sie dann mit der inneren Körnerschicht zusammenfliesst.

Die Sehzellen zeigen ein sehr verschiedenartiges Verhalten. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass hochentwickelte Formen nicht nur im Gebiete der ganzen Retina i. e. S., sondern auch noch in der Uebergangsschicht selbst vorkommen, sowie, dass nieder stehende sich auch noch auf dem retinalen Blatte der eigentlichen Iris finden. Es ist jedoch dabei zu bemerken, dass diejenigen höchstentwickelten Sehzellen, deren Kornzellen am weitesten in der Tiefe der äusseren Körnerschicht liegen, soweit sie unmittelbar mit den äusseren Ganglienzellen in Verbindung stehen, niemals bis an die Uebergangsschicht heranreichen, sondern schon eine bedeutende Strecke vorher aufhören. Etwas weiter, d. h. bis an die retinale Grenze der Uebergangsschicht hin, auch wohl gelegentlich über diese hinaus, gehen die Formen, deren Kornzellen der Membrana limitans externa näher liegen, die aber trotzdem in direktem Zusammenhang mit Elementen der äusseren Ganglienschicht stehen. Diejenigen höher ausgebildeten Sehzellen, die sich in der ganzen Ausdehnung der Uebergangsschicht finden, gehören dem Typus an, dessen Elemente zwar in der inneren Differenzirung nicht zurückstehen, aber

stets zunächst mit einer Zwischenganglienzelle in Verbindung treten, ohne dass indessen in allen Fällen eine solche Zwischenganglienzelle auch thatsächlich schon vorhanden zu sein brauchte.

Wie bei allen früheren Stadien sind die weniger hoch entwickelten Sehzellen auch bei diesem im Augenhintergrund seltener und werden in den dem vorderen Augenpole näherliegenden Netzhauttheilen immer häufiger; ebenso nehmen die ältesten, höchstentwickelten Formen gegen vorn immer mehr ab.

Die vier Arten für die Retina des vorliegenden Stadiums beschriebener fertiger Ganglienzellen gehen sämmtlich bis etwa in die Mitte der Uebergangsschicht, wo sie ziemlich gleichzeitig aufhören. Nur in einzelnen Fällen scheinen mir die Zwischenganglienzellen und äusseren Ganglienzellen, niemals aber die inneren und die Opticusganglienzellen noch weiter gegen die Irisgrenze hin vorzukommen. Die Reserveganglienzellen halten in ihrer Ausbreitung gleichen Schritt mit den Ganglienzellen, zu deren Ersatz sie bestimmt sind.

Spuren einer *Granulosa externa* in Form einzelner Spalträume zwischen äusserer und innerer Körnerschicht finden sich nicht selten, besonders im Augenhintergrunde, gehen aber von da niemals über den Augenaequator distalwärts hinaus.

Die innere Körnerschicht geht, wie bemerkt, zusammen mit der äusseren in die Uebergangsschicht zwischen Retina und Iris über, wo sie nach Schwinden der Ganglienzellen nur noch aus den inneren Körnerzellen, oder doch aus Elementen besteht, die denselben gleichwerthig und gleichgestaltet sind. Die inneren Körnerzellen, die sich schon im Augenhintergrund auf die proximalen Parthieen der *Granulosa interna* ausgedehnt finden, durchsetzen diese in der Nähe der Uebergangsschicht vollständig und treten bis auf eine Entfernung von ca. 0,0072 mm an die Opticusganglienschicht heran. Diese Erscheinung beschränkt sich indessen auf eine 0,0715 mm breite, wie gesagt der Uebergangsschicht angrenzende Zone.

Die *Granulosa interna* setzt sich von der Gegend dieser Anhäufung innerer Kornzellen, wo sie noch 0,0364 mm mächtig ist, distalwärts auf die Uebergangsschicht fort, sie wird dabei rasch dünner und verschwindet, etwa in der Mitte der Parthie, gänzlich.

Die Opticusfaserschicht ist an das Vorkommen der Opticusganglienzellen gebunden und in dem vom Augenhintergrund entfernten Theile naturgemäss viel dünner.

Die Bindegewebsfaserschicht reicht nur bis an die proximale Grenze jener grossen Ansammlung von inneren Kornzellen in der *Granulosa interna*.

Was die sonstigen bindegewebigen Theile der Retina betrifft, so ist über *Membrana limitans interna* und Stützfasern nichts Neues zu sagen.

Die Stützzellen messen 0,0119:0,0036, ihre Kerne, 0,0079:0,0026 mm. Sie fehlen in der Bindegewebsfaserschicht, sowie in der Opticusfaserschicht und sind zwischen den Opticusganglienzellen sehr selten. Häufiger treten sie in der *Granulosa interna*, namentlich in den distalen Parthieen derselben, auf und erreichen dann den Höhepunkt ihrer Ausbreitung im Gebiet der inneren Körnerschicht. Wieder etwas seltener werden sie in der äusseren Körnerschicht, finden sich indessen in einzelnen Exemplaren auch noch zwischen den Sehzellen.

Die von den perivaskulären Bindegewebszügen der *Arteria centralis Retinae* aus zwischen Innenrand der Netzhaut und *Membrana limitans interna* hineingewachsene Schicht hat an horizontaler Ausdehnung jetzt bedeutend zugenommen; sie erstreckt sich rund um die Stelle, wo die Opticusfasern

sich zum N. opticus sammeln, nunmehr in einem Umkreise von 0,3186 mm Durchmesser. Die grösste Dicke, welche die Schicht in der Mitte ihrer Ausdehnung besitzt, beträgt 0,039 mm, wobei allerdings die, hier von ihr untrennbare, Bindegewebsfaserschicht mitinbegriffen ist. Dem vorderen Augenpole genähert wird die Schicht rasch immer dünner und verschwindet in der angegebenen Entfernung schliesslich ganz. Blutgefässe finden sich in ihr, mit Ausnahme der aus dem Glaskörper hineinwachsenden, nirgends.

Stadium XI (32 mm). Taf. V. Fig. 61.

Die Netzhaut des Augenhintergrundes hat eine Stärke von 0,1047 mm und behält diese auch in ihren, dem distalen Augenpole näher liegenden Parthieen bis zum Uebergang in eine, hier ebenfalls deutliche Uebergangsschicht zwischen der eigentlichen Retina und ihrem Jristheile annähernd bei.

Die innere Körnerschicht ist 0,0251 mm stark und zwar im Hintergrunde des Auges ebenso, wie in ihren jener Uebergangsschicht benachbarten Parthieen. Hier, nur eine ganz kleine Strecke von letzterer entfernt, verschmilzt sie mit der äusseren Körnerschicht. Die inneren Körnerzellen selbst sind erheblich weniger zahlreich, als beim vorigen Stadium: sie bilden höchstens den 4ten Theil von allen nervösen Elementen der Schicht. Die Lage ihrer langen Achse ist sehr schwankend; nur ganz selten ist diese senkrecht zur Fläche der Netzhaut gerichtet, meist ist sie dazu mehr oder weniger geneigt, gelegentlich bis gegen 45° hin. Die Zellen finden sich vorwiegend in den centralen Theilen der Schicht; in einzelnen Exemplaren kommen sie jetzt auch wieder zwischen den äusseren Ganglienzellen und, jedoch sehr viel seltener, als beim vorigen Stadium, zwischen den Reserveelementen der inneren Ganglienzellen, oder in der Schicht der letzteren selber vor. Sie haben die gewöhnliche, rundlichovale Form und zeigen die Masse 0,0059 : 0,0043, ihr Kern 0,0049 : 0,0039 mm.

Die kugeligen, inneren Ganglienzellen haben einen Durchmesser von 0,0072, ihr Kern besitzt einen solchen von 0,0059 mm. Sie liegen in einer einfachen Lage, alle so ziemlich im selben Niveau: es kommt also nie, oder doch nur ganz selten vor, dass eine von ihnen mehr in die Tiefe der Schicht, oder etwa mehr nach der Granulosa interna hingerückt erscheinen würde. Sie liegen niemals enge aneinander, sind vielmehr fast stets durch kleinere, häufig auch durch recht weite Zwischenräume, in die sich dann oft andersartige zellige Elemente eingeschoben haben, von einander getrennt. Seitliche Fortsätze fehlen ihnen stets vollständig; der einzige distalwärts gerichtete, der den Zusammenhang mit den Opticusganglienzellen vermitteln soll, ist stets sehr deutlich. Die zahlreichen, in die Tiefe der inneren Körnerschicht abgesandten Ausläufer sind wieder etwas länger geworden: sehr häufig dringen sie jetzt bis etwa in die Mitte der Schicht vor.

Die ebenfalls kugeligen, äusseren Ganglienzellen sind 0,0053, ihre Kerne 0,0043 mm dick. Sie liegen entschieden weniger regelmässig, als die inneren und finden sich gar nicht selten ein ziemliches Stück in die äussere Körnerschicht, resp., wo eine solche andeutungsweise vorhanden, die Granulosa externa, andererseits wieder, aber seltener, in die Tiefe der inneren Körnerschicht verschoben, ohne dass jedoch dadurch eine Anordnung in zwei Lagen hintereinander herbeigeführt würde. Sie sind ziemlich dicht gedrängt, wenn auch nicht so sehr, dass dadurch Formveränderungen hervorgerufen würden. In vereinzelten Fällen finden sich auch grössere Zwischenräume, die dann meist von inneren Körnerzellen ausgefüllt werden. Ihre proximal gerichteten, zahlreichen Ausläufer dringen zum Theil ebenfalls bis etwa in die Mitte der inneren Körnerschicht

hinein, ohne jedoch die von den inneren Ganglienzellen ausgesandten zu erreichen, geschweige denn, mit denselben in Verbindung zu treten. Lateralfortsätze existieren nicht. Distalwärts wird nur ein einziger Fortsatz abgelassen zur Herstellung einer Verbindung mit den Sehzellen, sei es direkt, sei es durch Vermittlung von Zwischenganglienzellen.

Auch bei diesem Stadium finden sich wieder *Reserveganglienzellen*. Dieselben lassen sich hier leicht nach ihrer Zugehörigkeit zur Schicht der inneren oder äusseren Ganglienzellen, deren Dimensionen sie jedesmal auch ihrerseits zeigen, auseinanderhalten. Die inneren *Reserveganglienzellen* bilden eine einfache, durch häufige Lücken unterbrochene Lage, welche an diejenige der inneren Ganglienzellen selbst dicht angrenzt. Sie senden nach allen Seiten Fortsätze, von denen die proximalwärts gerichteten an Zahl, Stärke und Länge vor den übrigen entschieden hervorragen. Ein besonders ausgesprochener Distalfortsatz, wie er sich beim vorigen Stadium gelegentlich nachweisen lässt, scheint hier nicht vorhanden zu sein. Die äusseren *Reserveganglienzellen* sind sehr selten. Auch sie liegen den Elementen, deren Vorstufe sie darstellen, stets dicht an. Unter ihren, nach allen Seiten abgehenden Ausläufern lassen sich keine besonders bevorzugten erkennen. In den centralen Parthieen der inneren Körnerschicht fehlen *Reserveganglienzellen* vollständig.

Die *äussere Körnerschicht* hat im Augenhintergrund eine Mächtigkeit von 0,0157 mm und behält diese bis zu ihrer Verschmelzung mit der inneren, die, wie bereits bemerkt, in nächster Nachbarschaft der Uebergangsschicht vor sich geht.

Die *äusseren Körnerzellen* entsprechen in ihren Grössenverhältnissen so ziemlich den inneren. Was die Richtung ihrer Hauptachse betrifft, so verläuft letztere hier entschieden häufiger senkrecht zur *Membrana limitans externa* und auch da, wo dies nicht der Fall ist, sind die Abweichungen von dieser Richtung niemals so bedeutend, wie es im Gebiete der inneren Körnerschicht vorkommt. Die äusseren Körnerzellen sind auch jetzt ziemlich spärlich vertreten, wenn auch etwas häufiger, als beim vorigen Stadium.

Die Sehzellen, oder vielmehr ihre Kornzellen, sind am äusseren Rande der Netzhaut zu zwei Reihen angeordnet, in der Art, dass die Elemente der zweiten, von der *Membrana limitans externa* entfernter liegenden Reihe sich auf die Lücken der ersten decken. Die zweite Reihe ist übrigens oft durch grosse Abstände zwischen den einzelnen Zellen unterbrochen; die mehr in der Tiefe der Schicht liegenden Kornzellen sind also, und zwar ganz erheblich, weniger zahlreich, als die anderen.

Von den ersteren kommt folgende Art am häufigsten vor (Taf. IV, Fig. 49 a). Die Kornzellen, rundlich-oval (Zelle 0,0049 : 0,0039, Kern 0,0036 : 0,0029 mm) ist vom Aussenrande der Netzhaut ca. 0,0033 mm entfernt. Ihre lange Achse verläuft immer senkrecht zur *limitans externa*. Der sich proximal anschliessende, schmale Stiel ist 0,0046 mm lang und geht in das Mittelglied, und zwar in die Spitze des dasselbe darstellenden Kegels über. Letzteres hat eine Länge von 0,0029, eine Basalbreite von 0,0016 mm. Das Endglied ist ebenfalls conisch, 0,0030 mm lang und an seiner dem Mittelglied anliegenden Basis 0,0010 mm breit. Das Protoplasma der Kornzelle ist sehr hell, das des Stieles und des distalen Endes des Mittelgliedes etwas dunkler. Letzteres geht ganz allmählich in das wieder sehr helle Protoplasma des proximalen Mittelgliedes über. Das ziemlich dunkle Endglied ist dagegen scharf, aber ohne trennende Membran, abgesetzt. Auffallend mag hiebei erscheinen, dass die äusserste Spitze nicht, wie sonst überall, von dichterem, sondern von ganz gleichartigem Protoplasma erfüllt ist.

Diese Art von Sehzellen steht mit je einer äusseren Ganglienzelle stets mittelst Distalfortsatzes der Kornzelle in unmittelbarer Verbindung.

Eine zweite, auch noch ziemlich häufige Art von Sehzellen (Taf. IV, Fig. 49 b) ist mit dem proximalen Pole ihrer Kornzellen von der *limitans externa* 0,0041 mm entfernt. Die Kornzelle misst ebenfalls 0,0049 : 0,0039, das Korn jedoch zeigt das Verhältniss 0,0039 : 0,0030 mm. Der Stiel hat eine Länge von 0,0046 mm. Mittel- und Endglied haben dieselbe Form, wie bei der soeben beschriebenen Art, doch differiren die Grössenverhältnisse etwas. Ersteres hat nämlich eine Länge von 0,0018 mm bei 0,0017 mm Basisbreite, letzteres ist 0,0031 mm lang, während seine Grundfläche 0,0014 mm Durchmesser besitzt.

Die Kornzelle ist sehr hell, das Protoplasma von Stiel und Mittelglied etwas dichter. Das ganz helle Endglied setzt sich sehr deutlich, aber ebenfalls ohne Grenzmembran, ab; seine Spitze zeigt leichte Trübung. Die sogestaltete Sehzelle steht mit Elementen der äusseren Ganglienlage immer nur durch Vermittlung von Zwischenganglienzellen in Zusammenhang.

Von den Sehzellen, deren Kornzellen dem äusseren Netzhautrande sehr nahe liegen, kommt am häufigsten diejenige vor, welche die folgenden Verhältnisse zeigt (Taf. IV, Fig. 49 c). Entfernung der Kornzelle von der *Membrana limitans externa* 0,001 mm; Masse der Kornzelle 0,0059 : 0,0043, des Kornes 0,0049 : 0,0031 mm. Die lange Achse verläuft nur selten ganz senkrecht zur Netzhaut-aussenfläche, meist weicht sie von dieser Richtung um einige Grade ab. Der Stiel hat 0,001 mm Länge. Das Mittelglied ist tonnenförmig; seine proximale, wie seine distale Endfläche haben einen Durchmesser von 0,001, seine in der Mitte sich findende, grösste Breite beträgt 0,0016 mm. Das Mittelglied ist 0,0020, das sich anschliessende kegelförmige Endglied, bei 0,001 mm Basisbreite, 0,0013 mm lang. Die Kornzelle ist, wie immer, von sehr feinem Protoplasma erfüllt. Der Stiel ist erheblich dunkler, und ebenso eine ganz kleine distale Parthie des Mittelgliedes. Dann kommt, sehr scharf hiegegen abgesetzt, der etwas hellere Inhalt des übrigen Mittelgliedes, von dem sich der wieder sehr dunkle des Endgliedes aufs Schärfste abhebt. Eine besondere Verdichtung der äussersten Spitze lässt sich nicht constatiren.

Wie überhaupt alle nahe an der *limitans interna* gelegenen Kornzellen, so steht auch diese durch distalwärts abgesandten Fortsatz zunächst mit einer Zwischenganglienzelle und erst durch diese mit einer äusseren Ganglienzelle in Verbindung.

Die oben beschriebenen Sehzellen sind nicht allzu zahlreich; häufiger findet sich folgende Art (Taf. IV, Fig. 49 d). Die Entfernung zwischen Kornzelle und *Membrana limitans externa* beträgt 0,002 mm. Die Kornzelle misst 0,0053 : 0,0039, das Korn 0,0043 : 0,0033 mm. Die Längachse der gesammten Anlage ist stets vollkommen senkrecht zur Retinafläche gerichtet. Der Stiel ist zwar auch ziemlich schmal, doch immerhin etwas breiter, als bei den fürs vorliegende Stadium bisher geschilderten Formen. Seine Länge beträgt 0,0013 mm; Mittelglied und Endglied, beide conisch, haben übereinstimmend etwa 0,0023 mm Länge. Ihre aufeinanderstossenden Grundflächen haben einen gemeinsamen Durchmesser von 0,0016 mm. Der Stiel führt ziemlich dunkles, das Mittelglied sehr helles Protoplasma; beide Theile gehen aber auch in dieser Hinsicht ganz allmählich in einander über. Das Endglied ist an seiner Basis von dichterem Protoplasma erfüllt und dadurch gegen das Mittelglied abgesetzt. Die mittleren Parthieen des Endgliedes sind wieder heller, die Spitze ziemlich dunkel.

Die Kornzelle steht durch Distalfortsatz mit einer Zwischenganglienzelle in Zusammenhang,

und zwar nimmt dabei eine der letzteren sehr häufig die Ausläufer mehrerer Kornzellen, darunter oft auch solcher, deren Sehelemente einen erheblich niedrigeren Ausbildungsgrad zeigen, in sich auf.

Die Sehzellen der am wenigsten ausgebildeten Art (Taf. IV, Fig. 49 e) stehen auf der des Oefteren geschilderten Stufe der breiten, in eine mehr oder weniger scharfe Spitze ausgezogenen Kuppel, die sich gewöhnlich ganz ohne Stiel an die Kornzelle anschliesst. Letztere ist von der äusseren Grenzmembran höchstens 0,0013 mm entfernt; sie zeigt die Mafsverhältnisse 0,0049 : 0,0039, das Korn 0,0043 : 0,0029 mm. Das Sehelement ist an seiner, wie gesagt, der Kornzelle scheinbar aufsitzenden Basis 0,0023 mm breit. Seine Länge, sowie seine etwa im Niveau der halben Länge gelegene Maximalbreite, betragen beide 0,0033 mm. Nur der basale Theil des Sehelements zeigt eine leichte Trübung und ist dadurch auch im Innern gegen die helle Kornzelle deutlich abgesetzt; in den durchweg, also auch in der äussersten Spitze, ganz hellen, proximalen Theil geht der dichtere distale ohne jede Grenze allmählich über. Die Verbindung mit den Zwischenganglienzellen findet in der für die letztbeschriebene Sehzellart geschilderten Weise statt.

Neben den die Mehrzahl bildenden Sehzellen, auf die ich im Vorstehenden näher eingegangen bin, finden sich indessen auch noch alle möglichen Uebergangsformen von einer Art in die andere, namentlich unter den der äusseren Grenzmembran näherliegenden, mit ihren Kornzellen also die äussere Lage bildenden Sehzellen.

Was die *Zwischenganglienzellen* betrifft, so ist die Art ihrer Verbindung mit den Sehzellen bereits angegeben worden. Mit den äusseren Ganglienzellen stehen sie ihrerseits wieder durch einfachen Distalfortsatz, und zwar immer nur je eine von ihnen mit einer einzigen äusseren Ganglienzelle, in Zusammenhang. Die Mehrzahl der Zwischenganglienzellen besitzt beim vorliegenden Stadium rundlich-ovale Gestalt; die Zelle misst dann 0,0056 : 0,0046, ihr Kern 0,0046 : 0,0039 mm. Sehr häufig kommen daneben aber auch kugelige Elemente vor, mit einem Durchmesser von 0,0050 mm, während der Kern einen solchen von 0,0042 mm zeigt. Eine Gesetzmässigkeit im Ausbildungsgrad der Sehzellen einerseits und ihrer Verbindung mit einer rundlich-ovalen, oder aber einer kugeligen Zwischenganglienzelle andererseits, habe ich nicht entdecken können.

Die *Membrana limitans externa* ist zur vollkommenen Membran geworden; ihre innere Contour erscheint indessen immer schwächer, als die äussere. Die Verdichtung der protoplasmatischen Zwischensubstanz in Nachbarschaft der Membran ist vollständig verschwunden.

Eine *Granulosa externa* wird auch jetzt noch lediglich durch einzelne, sehr schmale Spalträume zwischen äusserer und innerer Körnerschicht angedeutet.

Die *Granulosa interna*, die sich an die innere Körnerschicht distal anreihet, hat im Augenhintergrund eine Mächtigkeit von 0,0436 mm. Ihre Grundsubstanz bildet ziemlich grobes protoplasmatisches Gerinnsel, das an einzelnen Stellen dichter, dunkler, an anderen wieder feiner, heller erscheint, der Schicht daher ein unregelmässiges, fleckiges Aussehen verleiht. Ohne jede erkennbare Anordnung sind darin zahlreiche ganglienartige Zellen, die schon öfters als solche bezeichneten, *Reserveopticusganglienzellen*, zerstreut. Dieselben haben überwiegend Form und Grösse der inneren Ganglienzellen (Zelle 0,0072, Kern 0,0059 mm Durchmesser); sie senden fast nach allen Seiten kurze Ausläufer, von denen aber niemals einer eine Bevorzugung in der Ausbildung vor den übrigen erkennen lässt. Nur bei den, den Opticusganglienzellen unmittelbar benachbarten Reservezellen, die den letzteren sich auch in der Grösse etwas genähert haben, ihnen aber darin niemals ganz gleich-

kommen, findet sich zuweilen ein an Stärke und Länge hervorragender Distalfortsatz. Die übrigen nach derselben Richtung abgehenden Ausläufer sind dann viel kürzer und weniger zahlreich, als dies bei den mehr in der Tiefe der Schicht gelegenen Ganglienzellen der Fall ist.

In der Nähe der inneren Ganglienzellschicht liegen endlich noch ganz vereinzelt zellige Elemente, die in jeder Beziehung den inneren Körnerzellen gleichen.

Die Opticusganglienzellen bilden eine im Augenhintergrunde 0,0125 mm starke, sehr unregelmässige, vielfach durch Zwischenräume unterbrochene Schicht, deren Elemente sehr häufig in die Granulosa interna, seltener in die Bindegewebsfaserschicht hineinragen. Sie sind kugelig, mit einem Durchmesser von 0,0079, ihr Kern mit einem solchen von 0,0059 mm. Sie stehen meistens durch einen Proximalfortsatz in Zusammenhang mit einer einzigen inneren Ganglienzelle. Zuweilen kommt es jedoch vor, dass ein proximalwärts abgesandter Hauptausläufer einer Opticusganglienzelle sich in zwei, oder mehrere Aeste theilt, von denen dann jeder sich mit dem Distalfortsatz einer inneren Ganglienzelle vereinigt. Die Opticusganglienzelle steht in diesem Falle also mit zwei, oder mehr inneren Ganglienzellen in direktem Zusammenhang, welcher jedoch stets mit Hilfe eines einzigen, sich theilenden Hauptfortsatzes der Opticusganglienzelle, nicht etwa durch mehrere gleichwerthige Fortsätze derselben hergestellt wird. Die übrigen proximalen Ausläufer erreichen nur eine geringe Länge, scheinen auch, was ihre Zahl betrifft, zurückgegangen zu sein.

Die Opticusfaserschicht ist 0,0078 mm stark. Ihre Fasern verlaufen sehr unregelmässig, bald zu kleineren Bündelchen vereinigt, bald einzeln, durch Zwischenräume getrennt.

In der protoplasmatischen Grundsubstanz der Schicht finden sich häufig rundlich-ovale Zusammenballungen gröberen Protoplasmas, die aber keine scharfen Umrisse besitzen. Sie kommen schon, wenn auch viel seltener, in den inneren Parthieen der Opticusganglienschicht vor, und ich sehe in ihnen auch hier wieder im Zerfall begriffene Kerne, die letzten Reste nervöser Zellen, welche zur Vermehrung der protoplasmatischen Grundsubstanz beizutragen bestimmt waren.

Die, bei früheren Stadien noch nachweisbare, Bindegewebsfaserschicht lässt sich jetzt von jener Bindegewebsschicht nicht mehr trennen, die ihren Ursprung perivasculären, mit der Centralarterie ins Auge hereingekommenen Gewebszügen, verdankt. Dass diese Schicht beim vorliegenden Stadium zum erstenmale die Bezeichnung einer tunica vasculosa Retinae verdient, wird weiter unten (cfr. „Blutversorgung“) gezeigt werden. Sie breitet sich jetzt auf der Innenfläche der ganzen Retina gegen vorne bis über die Uebergangsschicht zwischen Retina und Iris hin aus. Im Augenhintergrund hat sie ihre grösste Mächtigkeit und nimmt dem distalen Augenpole zu allmählich etwas an Stärke ab. Genaue Masse festzustellen gestattet mir leider der Zustand meiner Präparate nicht, nur soviel lässt sich sagen, dass von der, bei früheren Stadien zu constatirenden, kegelförmigen Erhebung der fraglichen Schicht im Augenhintergrunde jetzt so ziemlich jede Spur geschwunden, dafür aber, wie bemerkt, ihre Flächenausbreitung sehr weit vorgeschritten, resp. vollendet worden ist.

Ueber die horizontale Ausdehnung der einzelnen Retinaschichten ist noch Folgendes zu bemerken.

Die äussere Körnerschicht verschmilzt mit der inneren kurz vor der proximalen Grenze der Uebergangszone und beide gehen dann in diese über. Die Sehzellen finden sich noch in der Uebergangszone, niemals mehr jedoch auf der retinalen Iris, von welcher ja ohnedies nur eine ganz kleine Strecke dem Pigmentepithel nicht unmittelbar anliegt. Auch in der Uebergangszone sind höher entwickelte Sehzellen sehr selten, wenn sie auch nicht ganz fehlen. Im Uebrigen gilt bei diesem

Stadium wieder der Grundsatz, dass die auf niederer Stufe stehenden Sehzellen im Augenhintergrunde seltener sind, während sie in den dem distalen Augenpole genäherten Theilen der Netzhaut verhältnissmässig zahlreich auftreten. Innere Ganglienzellen und Zwischenganglienzellen finden sich noch etwa bis in die Mitte der Uebergangszone hinein, während die äusseren Ganglienzellen und ihre Reservezellen lange vor Erreichung der proximalen Grenze jenes Gebietes aufhören. Die Reservezellen der inneren Ganglienzellen gehen distalwärts nicht über den Augenaequator hinaus. Die Opticusganglienzellen finden sich, ebenso wie ihre Reservezellen, nur vereinzelt noch im Gebiete der Uebergangszone selbst. Die Granulosa interna, die sich in derselben Stärke, welche sie im Augenhintergrund besitzt, nach vorne zieht, beginnt in einem Abstand von 0,0715 mm von der Uebergangszone an Stärke rasch abzunehmen und verschwindet mit Erreichung der proximalen Grenze dieses Netzhautabschnittes vollständig.

Die Stützfaseren zeigen gegenüber den letzten Stadien fast keine Veränderung. Es macht sich jetzt lediglich im Gebiete jener Spalträume zwischen innerer und äusserer Körnerschicht, also in den Andeutungen einer Granulosa externa, eine weit stärkere Verzweigung der hier von den Müller'schen Fasern abgegebenen Seitenäste bemerklich.

Die Stützzellen sind 0,0095 mm lang und 0,0026 mm breit, ihre Kerne messen 0,0072:0,0018 mm. Sie fehlen der Opticusfaser- und der Opticusganglienschicht vollständig und sind in dem distalen und centralen Drittel der Granulosa interna sehr selten. Etwas häufiger treten sie im proximalen Drittel der genannten Schicht auf. Noch zahlreicher sind sie dann im ganzen Gebiete der inneren Körnerschicht, besonders zwischen den äusseren Ganglienzellen. Sie werden in der äusseren Körnerschicht dann wieder viel spärlicher, finden sich aber gelegentlich noch zwischen den Kornzellen der inneren, und sogar der äusseren Lage.

Die Membrana limitans interna zeigt keine Veränderung.

Das ausgebildete Thier. (ca. 140 mm.) Taf. V. Fig. 62.

Wie die Grössenverhältnisse des Auges überhaupt, so sind auch diejenigen der Netzhaut bei den einzelnen Individuen so verschieden, dass es nicht möglich ist, allgemeingültige Mafse festzustellen. Ein Bild davon, wie weitgehend die Schwankungen hiebei sind, mag folgende Tabelle geben:

	Länge der Augenachse	Dicke der Retina im Augenhintergrund	Verhältniss von Retinadicke zu Augenachsenlänge
I.	1,0350 mm	0,1313 mm	1 : 7,49
II.	0,9741 —	0,1826 —	1 : 5,19
III.	0,8620 —	0,1105 —	1 : 7,34
IV.	0,7413 —	0,1239 —	1 : 5,98
V.	0,6896 —	0,1416 —	1 : 4,87
VI.	0,6162 —	0,0708 —	1 : 8,70

Ich werde auch bei Beschreibung der Retina des erwachsenen Maulwurfs in der Art vorgehen, dass ich zunächst eine bestimmte Netzhaut, deren Verhältnisse sich bei der Mehrzahl der untersuchten Exemplare in der Hauptsache wiederfinden, herausgreife und diese schildere. Ob, resp. in wie weit sich bei anderen Individuen Abweichungen von diesem Typus zeigen, wird dann am Schlusse der betr. Abschnitte kurz angegeben werden.

Die als Beispiel gewählte Retina (No. III der obigen Tabelle) hat, wie bereits gezeigt, im Augenhintergrunde eine Mächtigkeit von 0,1005 mm. Gegen den distalen Augenpol hin verjüngt sie sich, als Ganzes betrachtet, allmählich, so dass sie an der Irisgrenze nur noch 0,0806 mm stark ist.

Die innere Körnerschicht hat im Augenhintergrunde eine Dicke von 0,0260 mm und behält diese bis zu ihrer Irisgrenze unverändert bei.

Ungefähr die Hälfte ihrer zelligen Elemente (abgesehen von den Stützzellen) besteht aus den inneren Körnerzellen. Dieselben sind in der grossen Mehrzahl rundlich-oval, 0,0067 mm lang, 0,0052 mm breit, während ihre Kerne die Masse 0,0052 : 0,0041 mm aufweisen. Die lange Achse verläuft nur selten genau senkrecht zur Retinafläche, meist weicht ihre Richtung mehr oder weniger davon ab. Neben den rundlich-ovalen kommen aber auch noch kugelige Zellen vor, die ich als Zwischenstufen zwischen den inneren Körnerzellen und den für frühere Stadien so oft beschriebenen und auch hier vorkommenden Reserveganglienzellen auffasse. Sie haben 0,0059, ihre Kerne 0,0048 mm Durchmesser. Die Mehrzahl der inneren Körnerzellen findet sich in den centralen Parthieen der Schicht; nicht selten dringen sie jedoch auch zwischen die Ganglienzellen, sowohl des proximalen, als des distalen Randes ein.

Die inneren Ganglienzellen bilden eine einfache Lage; sie sind oft durch ziemlich weite Abstände voneinander getrennt. Nicht selten ist eine davon auch etwas in die Tiefe der Schicht, niemals aber distalwärts, also ins Gebiet der Granulosa interna hinein verschoben. Sie sind ausnahmslos kugelig mit einem Durchmesser von 0,0081 mm, ihr Kern hat einen solchen von 0,007 mm. Fortsätze gehen von ihnen nur distalwärts — und zwar hier immer nur ein einziger — sowie proximalwärts ab. Von Lateralausläufern fehlt auch die geringste Andeutung. Die Proximalfortsätze sind sehr zahlreich und einander stets gleichwerthig: es ragt also keiner etwa durch besondere Stärke vor den anderen hervor. Sie sind bis in die Mitte der inneren Körnerschicht, in einzelnen Fällen auch noch darüber hinaus, proximalwärts zu verfolgen.

Die äusseren Ganglienzellen sind ebenfalls kugelig; sie messen 0,0096, ihre Kerne 0,0074 mm. Im übrigen verhalten sie sich genau ebenso, wie die inneren: Lateralausläufer fehlen ihnen; sie besitzen einen einzigen Proximalfortsatz und eine Menge distal gerichteter, von welcher letzteren die Mehrzahl bis in die Mitte der inneren Körnerschicht nachweisbar ist, während einige wenige noch über diese Grenze hinausgehen. Ein Zusammenhang der von den beiden Ganglienzelllagen gegeneinander ausgeschickten Fortsätze, also ein Anastomosiren derselben, ist niemals zu constatiren (und zwar ebensowenig zwischen Ausläufern, welche Zellen derselben Schicht angehören, als zwischen solchen, welche von verschiedenen Lagen ausgehen). Dagegen kommen sich dieselben häufig bis zur gegenseitigen Berührung nahe. Auch zwischen Fortsätzen, welche von verschiedenen Zellen derselben Gangliennege, sei es der inneren, oder der äusseren, ihren Ursprung nehmen, kommt es niemals zur direkten Vereinigung: es scheint sogar hier niemals auch nur eine Berührung stattzufinden, wenigstens habe ich eine solche, trotz der grössten Aufmerksamkeit, die ich gerade auf diesen Punkt

richtete, nicht auffinden können. Das über das wechselseitige Verhalten der Ausläufer Gesagte gilt keineswegs nur für das eine, als Grundlage für meine Beschreibung gewählte Exemplar, sondern in gleicher Weise für alle die zahlreichen Maulwurfsnetzhäute, die ich untersucht habe: Niemals Anastomosiren, zuweilen Contact zwischen den Ausläufern gegenüberliegender, niemals, weder Anastomosiren, noch Contact zwischen den Ausläufern benachbarter Ganglienzellen.

Gangliöse Reserveelemente kommen im Gebiete der inneren Körnerschicht sehr häufig vor. Sie finden sich ohne alle bestimmte Anordnung in dem Raume zwischen äusserer und innerer Ganglienschicht zerstreut. Ihre Gestalt ist kugelig; sie senden nach allen Seiten kurze Fortsätze aus, doch überwiegen dabei die proximalen und distalen, sowohl was Zahl, als was Länge und Stärke betrifft, entschieden ganz bedeutend über die lateralen. Verbindungen gehen sie durch die Fortsätze weder untereinander, noch mit anderen Zellen ein. Eine Unterscheidung zwischen inneren und äusseren Reserveganglienzellen lässt sich nicht streng durchführen; eine solche könnte sich lediglich auf ihren Platz in der Nähe der einen, oder der anderen Ganglienzellschicht gründen, und es bliebe dann immer noch zweifelhaft, wohin die in der Mitte der inneren Körnerschicht gelegenen Elemente zu rechnen wäre. Was ihre Dimensionen betrifft, so stehen sie darin den inneren Ganglienzellen fast sämtlich vollkommen gleich, nur einige wenige von ihnen, die unmittelbar neben der äusseren Ganglienschicht gelegen sind, haben einen ein wenig grösseren Durchmesser und nähern sich dadurch den Zellen dieser Schicht etwas mehr.

Die bei den ältesten Embryonen nur in Form einzelner schmaler Spalträume zwischen innerer und äusserer Körnerschicht angedeutete *Granulosa externa* hat sich jetzt zu einer ununterbrochenen, der inneren Körnerschicht proximal anliegenden, selbständigen Schicht entwickelt. Sie ist im Augenhintergrunde 0,0104 mm dick, nimmt aber gegen den vorderen Augenpol hin an Stärke rasch ab, so dass sie in Nähe der Irisgrenze nur noch 0,0065 mm misst. Die angegebenen Massverhältnisse zeigte die *Granulosa externa* in den meisten Fällen. Bei einem einzigen der untersuchten Exemplare besass sie jedoch im Augenhintergrunde eine Dicke von 0,0130 mm und nahm gegen den distalen Augenpol hin nicht etwa ab, sondern im Gegentheil ziemlich bedeutend zu, so dass ihre Mächtigkeit an der Irisgrenze 0,0156 mm betrug.

Zellige Bestandtheile besitzt die Schicht, mit Ausnahme einzelner dem Perivasculärgewebe angehöriger, nicht. Ihre Grundmasse besteht aus grobem, sehr unregelmässig vertheiltem Protoplasma-gerinnsel, untermengt mit nach allen Richtungen verlaufenden, feinen Faserzügen. Diese gehören zum weitaus grössten Theile den Stützfasern an, deren Seitenäste im Gebiete der *Granulosa externa* eine ungemein weitgehende Verzweigung erfahren. Daneben scheinen mir aber auch selbständige Faserzüge vorzukommen, die dann meist eine im Allgemeinen horizontale Richtung verfolgen.

Proximal folgt alsdann die äussere Körnerschicht. Bei der grossen Verschiedenheit dieser Schicht in den einzelnen Netzhäuten dürfte es indessen nicht genügen, nur auf ein einziges Exemplar, wie bisher, genauer einzugehen. Ich werde deshalb drei verschiedene Fälle (A, B und C) ausführlicher beschreiben und zwar in erster Linie die äussere Körnerschicht der im Vorstehenden zum Muster genommenen Netzhaut als

Fall A. (Taf. IV, Fig. 50.) Die Schicht hat im Augenhintergrunde eine Mächtigkeit von 0,0377 mm, während sie in der unmittelbaren Nachbarschaft des proximalen Irisrandes noch 0,0208 mm stark ist.

Nicht sehr zahlreich treten in ihr die Körnerzellen auf, die aber eine entschieden regel-

mässigere Lagerung besitzen, als dies bei den entsprechenden Elementen der inneren Körnerschicht der Fall ist. Zwischen den Kornzellen der Sehzellen finden sie sich niemals, und ebensowenig in der Zwischenganglienschicht. Ihre lange Achse verläuft immer ganz, oder doch nahezu senkrecht zur äusseren Netzhautfläche. Sie messen $0,0059:0,0043$, ihre Kerne $0,0046:0,0063$ mm. Kugelige Form zeigen sie niemals.

Von Sehzellen lassen sich hier drei Arten unterscheiden, nemlich ausgesprochene Stäbchen, ausgesprochene Zapfen, und endlich solche, bei denen sich nicht entscheiden lässt, ob sie, im Falle ungestörter Weiterentwicklung, sich zu den einen oder den anderen differenziert haben würden.

Nach der Lage der Kornzellen ist eine Anordnung der Sehzellen zu zwei hintereinandergelegenen Schichten zu erkennen. Die eine, tiefer in der Netzhaut, besteht ausschliesslich aus entschieden Stäbchen. Die zweite, der Membrana limitans externa stets mehr angenäherte, erheblich individuenreichere, setzt sich in der Hauptsache aus Zapfen zusammen; daneben finden sich aber auch ziemlich zahlreiche Stäbchen, sowie alle jene noch keine nähere Bestimmung zulassenden Vorstufen zu dieser, oder jener Sehzellart.

Die Kornzellen der inneren, also der tiefer in die äussere Körnerschicht hereinreichenden Stäbchen (Taf. IV, Fig. 50a) sind mit ihrem proximalen Pole meistens $0,0067$ mm vom äusseren Netzhautrand entfernt. Sie messen $0,0072:0,0043$, ihre Kerne, das Stäbchenkorn, $0,0063:0,0036$ mm. Der die proximale Fortsetzung der Kornzelle bildende schmale Stiel hat eine Länge von $0,0099$ mm. Auf ihn folgt das Mittelglied, das einen $0,0059$ mm langen, an seiner, proximal gelegenen Basis nur $0,002$ mm breiten Kegel darstellt, und auf dieses, sich mit seiner $0,0013$ mm breiten Grundfläche an dasselbe ansetzend, das $0,0079$ mm lange Endglied. Letzteres erscheint auf den ersten Blick ebenfalls conisch. Bei genauerem Zusehen zeigt es sich aber, dass sein proximales Ende sich zwar ungemein verschmälert, aber keineswegs in eine Spitze ausgezogen hat, sondern mit einer kleinen, horizontalen Fläche, wie rechtwinklig abgeschnitten, aufhört.

Was die Differenzierung des protoplasmatischen Inhalts der Sehzelle betrifft, so ist die Kornzelle sehr hell und fein und geht unmerklich in den Stiel über. Dieser wird in seinem proximalen Abschnitte immer dunkler; sein Inhalt setzt sich in die ebenfalls von sehr dichtem Protoplasma erfüllten, peripherischen Theile des Mittelgliedes fort. Die centralen Parthieen des letzteren erscheinen weit heller. Es hebt sich sehr scharf ab vom Endgliede, dessen basale Parthie ziemlich hell ist, während seine Peripherie und sein ganzes proximales Ende dichtes Protoplasma aufweisen.

Die Stäbchen der äusseren Sehzellenanlage sind noch nicht so weit entwickelt, wie diejenigen der inneren. Die Kornzelle, welche dieselbe Gestalt und dieselben Dimensionen besitzt, wie die ebenbeschriebene, ist von dem äusseren Netzhautrande $0,0013$ mm entfernt. Der Stiel hat eine Länge von $0,0015$ mm. Das conische Mittelglied, in dessen Spitze der Stiel übergeht, ist $0,0039$ mm lang und an seiner Grundfläche $0,0013$ mm breit. Auf diese folgt mit seiner $0,001$ mm breiten Basis das $0,0059$ mm lange Endglied, das hier entschieden Kegelgestalt besitzt, proximal also in eine Spitze ausläuft. Die Kornzelle hat sehr helles Protoplasma, und auch der Stiel ist nur wenig getrübt. Die distale Hälfte des Mittelgliedes besitzt dagegen einen sehr dunklen Inhalt, der sich aber in der proximalen Hälfte nach raschem Uebergang bedeutend aufhellt. Scharf setzt sich dagegen das Endglied ab, dessen basale Parthieen ziemlich trübe erscheinen, während seine proximale Hälfte, mit Ausnahme der sehr dunklen Spitze, wieder von hellerem Protoplasma erfüllt ist.

Die Kornzellen der auf die äussere Sehzellschicht beschränkten Zapfen haben von der Membrana limitans externa keine gleichmässige Entfernung. Es lässt sich dabei die Anordnung deutlich erkennen, dass die höher entwickelten Sehzellen dieser Art tiefer in der Netzhaut wurzeln, als die noch weniger ausgebildeten. Der proximale Pol der Kornzelle ist bei ersteren 0,0045 bis 0,005 mm weit von äusserem Rande der Retina entfernt, während bei letzteren die Kornzelle bis auf 0,002 mm an die limitans externa heranreicht, niemals aber mehr als 0,0038 von derselben absteht.

Die höher entwickelten Zapfen (Taf. IV, Fig. 50b) zeigen folgende Verhältnisse. Die Kornzelle misst 0,0072 : 0,0050, das Zapfenkorn 0,0059 : 0,004 mm. Proximal schliesst sich an die Kornzelle ein 0,0026 mm langer Stiel, und alsdann das tonnenförmige Mittelglied, mit einer Maximaldicke von 0,0026 mm, und 0,002 mm distaler, wie proximaler Basisbreite. Die Länge des Mittelgliedes, das man auch als Zapfenkörper bezeichnen mag, beträgt 0,0059 mm. Den Beschluss bildet das 0,0033 mm lange, an seiner Basis 0,002 mm breite, conische Endglied. Das Protoplasma von Kornzelle und Stiel ist sehr hell, nur an seinem proximalen Ende zeigt letzterer eine leichte Trübung und geht so ganz allmählich in das ebenfalls von ganz feinem, nur leicht getrübttem Protoplasma gleichmässig erfüllte Mittelglied über. Das Endglied ist, mit Ausnahme seiner trüben Spitze, ganz hell und ausserdem noch durch eine deutliche Grenzmembran von dem Mittelglied getrennt.

Die Kornzelle der in der Ausbildung etwas mehr zurückgebliebenen Zapfen (Taf. IV, Fig. 50c) zeigt die Masse 0,0066 : 0,0040, ihr Kern 0,0049 : 0,0032 mm. Der Stiel ist 0,002 mm lang. Das ebenfalls tonnenförmige, 0,0043 mm lange Mittelglied besitzt eine grösste Breite von 0,0023 mm; seine beiden Endflächen haben einen Durchmesser von je 0,0013 mm. Das 0,0039 mm lange, kegelförmige Endglied hat 0,001 mm Basisbreite. Die Kornzelle besitzt sehr hellen Inhalt. Der Stiel ist dagegen viel dunkler und geht allmählich in das von ganz dichtem, sehr trübem Protoplasma gleichmässig erfüllte Mittelglied über. Das Endglied ist, abgesehen von der starkgetrübtten Spitze, sehr hell und hebt sich deshalb gegen das Mittelglied aufs Schärfste ab. Eine trennende Membran zwischen beiden Theilen fehlt indessen.

Diejenigen Sehzellen, deren spätere Bestimmung sich nicht erkennen lässt (Taf. IV, Fig. 50 d), besitzen sämmtlich jene für die früheren Stadien so oft beschriebene Form der hohen, in eine Spitze endigenden Kuppel, die auf dem Längsschnitte die Gestalt eines kurzen, gedrungenen Blattes ohne Stiel zeigt. Ihre Kornzelle stösst unmittelbar an die äussere Grenzmembran der Retina, oder ist von derselben doch nur ganz wenig entfernt. Sie ist 0,0066 mm lang und 0,0046 mm dick; ihr Kern misst 0,0046 : 0,0036 mm. Das Sehelement hat eine Breite von 0,0026, bei 0,0035 mm Länge. Sein Basis-theil, 0,0014 mm breit, hat sich in vielen Fällen etwas in die Länge gezogen und bildet so die erste Andeutung eines Stieles. Abgesehen von dieser Basisparthie, die leicht getrübt ist, und von ihrer stark getrübtten, äussersten Spitze, besitzt die ganze Sehzellenanlage durchweg sehr feines, helles Protoplasma.

Sämmtliche Sehzellen senden vom distalen Pole der Kornzelle je einen distal gerichteten Fortsatz ab, der von einer etwa in der Mitte der äusseren Körnerschicht gelegenen ganglienartigen¹⁾ Zelle aufgenommen wird. Diese Zellen, die sich bei keinem Embryonalstadium finden, sind aus-

¹⁾ Der Ausdruck ganglienartige Zelle ist streng genommen nicht richtig. Besser wäre „ganglienzellenartige Zelle.“ Ich glaubte mir indessen die Abkürzung doch erlauben zu dürfen, um die letztere, schwerfällige Bezeichnung vermeiden zu können.

nahmslos kugelig, sie besitzen 0,0059, ihre Kerne 0,0046 mm Durchmesser und zeigen, besonders was die Struktur ihres Kernes betrifft, grosse Aehnlichkeit mit den äusseren Körnerzellen. Sie liegen meist in einfacher, ganz selten, und dann immer nur eine kleine Strecke weit, doppelter Lage, wie gesagt, etwa in der Mitte der äusseren Körnerschicht, doch etwas mehr dem distalen Rande derselben genähert. Stets nimmt eine von ihnen nur den Distalfortsatz einer einzigen Kornzelle in sich auf. Ich möchte sie als eingeschobene Ganglienzellen bezeichnen, ein Ausdruck, der durch ihre Lage, sowie ihre Beziehung zur nervösen Leitung innerhalb der Retina genügend begründet sein dürfte.

Diese Zellen schicken ihrerseits wieder Distalfortsätze ab und bewirken durch dieselben die Verbindung mit den Elementen der Zwischenganglienschicht. Letztere nehmen stets mehrere solcher Fortsätze in sich auf, und zwar scheint es dabei gleichgiltig zu sein, ob auf diese Weise ein Zusammenhang derselben Zwischenganglienzelle nur mit Sehzellen, die alle auf der nämlichen Entwicklungsstufe stehen, oder mit Elementen verschiedenen Ausbildungsgrades hergestellt wird. Niemals jedoch ist eine Zwischenganglienzelle mit deutlich erkennbaren Stäbchen und zugleich mit Zapfen in Verbindung getreten, sie nimmt vielmehr stets nur die Ausläufer, entweder von eingeschobenen Ganglienzellen, die mit Zapfen, oder aber von solchen, die mit Stäbchen verbunden sind, in sich auf. Dieser Umstand giebt ein Mittel an die Hand, in vielen Fällen auch für jene Sehelemente, deren Form noch weder die Bezeichnung als Stäbchen, noch als Zapfen zulässt, anzugeben, zu welcher der beiden Arten sie sich, ungestörte Weiterentwicklung angenommen, voraussichtlich differenziert haben würden. Ist eine solche unbestimmbare Sehzelle durch Vermittlung ihrer eingeschobenen Ganglienzelle in Verbindung mit einer Zwischenganglienzelle getreten, die sonst nur mit Stäbchen einen Zusammenhang besitzt, so ist anzunehmen, dass auch sie als Stäbchenanlage aufgefasst werden muss, und entsprechend verhält es sich in Bezug auf die wenig ausgebildeten Sehzellen, die mit einer Anzahl Zapfen die gemeinsame Zwischenganglienzelle theilen.

Die letzteren liegen am distalen Rande der äusseren Körnerschicht in einfacher, häufig durch Zwischenräume, in die sich dann andere Zellen eingedrängt haben, unterbrochener Lage. Sie haben sämtlich Kugelform. Ihr Durchmesser beträgt 0,0092, der ihres Kernes 0,0066 mm. Proximalfortsätze besitzen sie, mit Ausnahme der ihnen mit den eingeschobenen Ganglienzellen gemeinsamen, keine; ebensowenig finden sich seitliche Ausläufer. Distalwärts senden sie in der Regel einen einzigen Hauptfortsatz und gewinnen vermittelst desselben eine Verbindung mit einer der äusseren Ganglienzellen. Zuweilen gehen jedoch von einer Zwischenganglienzelle, neben einigen kleinen, ziemlich kurzen, noch zwei, oder mehrere grosse Distalfortsätze aus, von welchen dann jeder mit einer äusseren Ganglienzelle in Connex tritt. Eine einzige der letzteren nimmt unter allen Umständen immer nur einen einzigen von einer Zwischenganglienzelle herkommenden Ausläufer auf.

Die Membrana limitans externa zeigt das für die höchstentwickelten Embryonalstadien beschriebene Verhalten.

Fall B. (Taf. IV, Fig. 51.) Die äussere Körnerschicht ist im Augenhintergrunde 0,0377 mm stark; gegen den distalen Augenpol hin nimmt sie ziemlich rasch ab und misst in Nähe der proximalen Irisgrenze in Folge dessen nur noch 0,0169 mm in der Dicke. Die äusseren Körnerzellen sind bei dieser Netzhaut sehr zahlreich: sie machen fast die Hälfte sämtlicher zelligen Elemente der Schicht aus und finden sich in den centralen Theilen der Schicht, sowie zwischen Elementen der Zwischenganglienschicht eingestreut ungefähr in derselben Menge. Im Gebiet der Kornzellen fehlen

sie aber vollständig. Sie besitzen stets rundlich-ovale Form und erscheinen etwas kleiner als beim Fall A, denn ihre Masse stellen sich auf $0,0046 : 0,0033$, die ihrer Kerne auf $0,0033 : 0,0026$ mm. Die Richtung ihrer langen Achse weicht von der zur äusseren Grenzmembran senkrechten noch erheblicher und in noch zahlreicheren Fällen ab, als dort.

Die Sehzellen sind entschieden weniger weit entwickelt, doch kann man auch hier unschwer Stäbchen und Zapfen erkennen; freilich sind die Sehelemente, die eine solche Unterscheidung noch nicht zulassen, ungleich häufiger, als im Falle A.

Von einer bestimmten Anordnung der Kornzellen zu einer, oder zwei, auch nur annähernd regelmässigen Lagen ist absolut nicht die Rede. Sie liegen, anscheinend ganz regellos, bald unmittelbar an der Membrana limitans externa, bald mehr, oder weniger weit in der Tiefe der Schicht (Maximaldistanz von der äusseren Grenzmembran $0,01$ mm). Eine Gesetzmässigkeit lässt sich dabei nur insofern erkennen, als stets diejenigen Kornzellen, deren Sehelemente die Stäbchenform am Deutlichsten ausgeprägt zeigen, am weitesten von der Grenzmembran entfernt liegen, während die Zapfenkornzellen derselben näher kommen, und die Kornzellen der noch unentwickelten Sehelemente endlich sich stets in nächster Nachbarschaft der limitans externa halten.

Bei den am höchsten entwickelten Stäbchen (Taf. IV, Fig. 51 a) hat der proximale Pol der Kornzelle von der limitans externa etwa $0,01$ mm Entfernung. Die Kornzelle ist rundlich-oval; ihre zur äusseren Netzhautfläche stets senkrecht verlaufende, lange Achse misst $0,0049$, die kurze $0,0043$ mm. Das Korn hat die Verhältnisse $0,0036 : 0,0033$ mm. Der sehr dünne Stiel besitzt eine Länge von $0,0079$ mm. Das conische Mittelglied, dessen Spitze die Fortsetzung des Stieles bildet, ist $0,0039$ mm lang und an seiner Basis $0,0012$ mm dick. Hieran schliesst sich das $0,0043$ mm lange Endglied. Dasselbe hat an seiner distalen Grenze eine Breite von $0,0006$ mm und verdünnt sich gegen sein proximales Ende hin ganz langsam auf (schliesslich) $0,0005$ mm. Es endigt nicht in einer Spitze, sondern mit einer zu seiner Längsachse senkrecht gestellten Ebene. Kornzelle, Stiel und distale Hälfte des Mittelgliedes führen ganz feines, helles Protoplasma. Der proximale Abschnitt des Mittelgliedes ist etwas dunkler und dadurch gegen das, in seinen distalen Parthieen wieder sehr helle Endglied scharf abgesetzt. In seltenen Fällen findet sich zwischen den beiden Theilen auch noch eine trennende Membran. Das proximale Ende der ganzen Anlage ist leicht getrübt.

Bei einer fast ebenso häufig vorkommenden Sehzelle, die sich schon durch ihre Form gleichfalls als Stäbchen charakterisirt, ist der proximale Pol der Kornzelle von der limitans externa durchschnittlich etwa $0,0066$ mm entfernt. Die Kornzelle, deren lange Achse meist ebenfalls eine zur äusseren Retinafläche senkrechte Richtung verfolgt, misst $0,0046 : 0,0036$, das Korn $0,0033 : 0,0029$ mm. Der Stiel ist $0,0092$, das conische Mittelglied $0,0026$ mm lang. Die die proximale Begrenzung bildende Grundfläche des letzteren hat einen Durchmesser von $0,001$ mm. Das Endglied besitzt eine Anfangsbreite von $0,0006$ mm. Es ist $0,0039$ mm lang und endigt ebenfalls nicht in einer Spitze, sondern wird durch eine zur Längsachse senkrecht gestellte Ebene abgeschlossen, deren Durchmesser etwa $0,0005$ mm beträgt. Die Kornzelle ist sehr hell, Stiel und Mittelglied sind ganz leicht getrübt. Das Endglied ist in seinen distalen Parthieen etwas dunkler, und es kommt dadurch zwischen beiden Theilen eine scharfe Grenze zu Stande, auch wenn, wie dies meistens der Fall ist, eine trennende Membran fehlt.

Bei den am weitesten in der Entwicklung fortgeschrittenen Zapfen beträgt die Distanz

zwischen Kornzelle und limitans externa 0,0059 mm. Der demjenigen der Stäbchen an Stärke ziemlich überlegene Stiel ist 0,0026 mm lang und geht unmittelbar in das Mittelglied über. Dieses hat eine Länge von 0,0043 mm. Es hat die Form einer 0,0023 mm dicken Spindel, deren proximales Ende durch eine 0,0013 mm im Durchmesser haltende Ebene rechtwinklig abgeschnitten ist. Das den Schluss der Sehzelle bildende, kegelförmige Endglied hat eine Länge von 0,002 mm bei 0,0013 mm Basisbreite. Die Kornzelle ist auch hier wieder sehr hell. Stiel und Mittelglied sind von leichtgetrübtem, das Endglied von sehr dichtem, dunklen Protoplasma gleichmässig erfüllt. Eine Grenzmembran zwischen Mittel- und Endglied existiert nur in ganz seltenen Fällen.

Eine nicht selten vorkommende, noch unbestimmte Sehzelle (Taf. IV, Fig. 51b) zeigt folgende Verhältnisse: Die Kornzelle ist von der äusseren Grenzmembran 0,0034 mm entfernt. Sie misst 0,0059:0,0036, ihr Kern 0,0039:0,0029 mm. Der mittelstarke Stiel ist 0,002 mm lang. Das sich anschliessende Mittelglied zerfällt auffallender Weise in zwei Abschnitte: einen distalen, kegelförmigen, dessen Spitze in den Stiel übergeht, und der bei 0,0016 mm Basisbreite ca. 0,0006 mm lang ist. Der proximale Theil des Mittelgliedes zeigt die Gestalt eines 0,0013 mm langen, 0,0016 mm dicken Cylinders. Hierauf folgt dann das an seiner Basis ebensostarke, 0,0010 mm lange conische Endglied. Die Kornzelle erscheint, wie fast immer, sehr hell, der Stiel leicht getrübt. Der distale Abschnitt des Mittelgliedes ist von sehr dichtem Protoplasma erfüllt und hebt sich von dem, ziemlich hellen proximalen aufs Schärfste ab. Ebenso ist dann wieder das dunkle Endglied gegen das Mittelglied, auch ohne trennende Membran, deutlich abgesetzt.

Neben den beschriebenen finden sich dann noch niedriger stehende Sehzellen in den mannigfachsten Formen und Uebergängen, doch sind alle so weit entwickelt, dass sich zwischen Kornzelle und Sehelement wenigstens der Anfang zur Ausbildung eines Stieles zeigt. Die Stufe der einfachen, in eine Spitze endigenden Kuppel, die mit breiter Basis der Kornzelle scheinbar direkt aufsitzt, fehlt vollständig.

Die Distalfortsätze der Kornzellen werden auch im Fall B stets von einer eingeschobenen Ganglienzelle aufgenommen und zwar auch hier immer nur je einer von einer der letzteren. Diese zeigen hier in der Mehrzahl rundlich-ovale Gestalt (Masse: 0,0046:0,0033 mm für die Zelle, 0,0033:0,0026 mm für den Kern, also genau, wie für die äusseren Körnerzellen), doch kommen daneben auch kugelige Elemente vor. (Zelle 0,0041, Kern 0,0030 mm Durchmesser.) Sie sind sehr unregelmässig durch die äussere Körnerschicht verstreut. In der Hauptsache liegen sie etwas distal von der Mitte derselben. Nur ganz selten gehen sie über diese Grenze proximalwärts hinaus, sehr häufig aber finden sie sich distalwärts verschoben, in einzelnen Exemplaren bis in die unmittelbare Nähe der Zwischenganglienzellen. Die eingeschobene Ganglienzelle sendet einen einzigen Distalfortsatz aus, der von einer Zwischenganglienzelle aufgenommen wird. Von Letzteren vereinigt auch hier eine einzige stets die Ausläufer mehrerer eingeschobener Ganglienzellen in sich. Es scheint dabei ebenfalls wieder der Grundsatz durchgeführt zu sein, dass Zapfen und Stäbchen immer zu verschiedenen Zwischenganglienzellen in Beziehung treten, allein der Umstand, dass bei der vorliegenden Netzhaut die als solche deutlich unterscheidbaren Stäbchen, resp. Zapfen viel seltener sind, verhinderte es, diese Gesetzmässigkeit mit der Sicherheit nachzuweisen, mit der dies für Fall A geschehen konnte. Die kugeligen Zwischenganglienzellen haben 0,0092, ihre Kerne 0,0066 mm Durchmesser. Im Uebrigen gilt betreffs ihrer, sowie auch hinsichtlich der Membrana limitans externa, das für Fall A Gesagte.

Fall C. Im Augenhintergrunde 0,0260 mm stark nimmt die äussere Körnerschicht dieser Netzhaut gegen den vorderen Augenpol hin an Dicke allmählich zu, bis sie, in Nähe der Irisgrenze, eine Mächtigkeit von 0,0299 mm gewonnen hat. Die äusseren Körnerzellen sind etwas zahlreicher, als im Falle A, treten aber lange nicht in der Menge auf, wie sie Fall B zeigt. In der Hauptsache liegen sie in den centralen Theilen der Schicht; sie finden sich indessen auch gelegentlich in der Lage der Zwischenganglienzellen, niemals aber zwischen den Kornzellen. Letztere sind in der Mehrzahl zu einer, freilich sehr unregelmässigen, einfachen Lage angeordnet, die von der Membrana limitans externa sich immer in einer gewissen Entfernung hält. Häufig finden sich jedoch weiterhin einzelne Kornzellen der letzteren genähert, oft bis zur Berührung; man mag deshalb auch von einem Arrangement der Kornzellen in zwei Schichten sprechen, hätte aber dann festzuhalten, dass die äussere derselben, die der Grenzmembran näherliegende, sehr lückenhaft ist, und ihre Elemente häufig durch sehr weite (oft das 6- bis 8fache der Zelldicke betragende) Abstände getrennt sind. Auch die Form und Grösse der Kornzellen schwankt bedeutend. Stäbchen lassen sich zuweilen, wohlentwickelte Zapfen dagegen fast niemals constatieren. Die grosse Masse der Sehzellen bilden jene noch unbestimmten Elemente.

Die wenigen deutlichen Stäbchen reichen mit ihren Kornzellen auch hier stets am weitesten in die äussere Körnerschicht distalwärts hinein. Die Entfernung zwischen dem Proximalpol dieser Zellen und der Membrana limitans interna kommt im Maximum auf 0,0068, beträgt aber niemals weniger, als 0,0046 mm. Die Kornzelle ist meist rundlich-oval; ihre lange Achse verläuft stets senkrecht zur Netzhautfläche. Die Zelle misst 0,0053 : 0,0043, ihr Kern 0,0039 : 0,0033 mm. Gelegentlich besitzt aber die Kornzelle dieser Stäbchen auch Kugelgestalt, wobei sich der Durchmesser der Zelle auf 0,0053, der des Kornes auf 0,0036 mm stellt. Je nachdem nun die Kornzelle mehr, oder weniger in der Tiefe der Retina ihren Platz hat, ist auch der von ihr ausgehende Stiel länger oder kürzer; die Masse schwanken in dieser Beziehung zwischen 0,01 und 0,0046 mm. Das conische Mittelglied ist fast immer 0,0021 mm lang und hat eine Basisbreite von 0,0015 mm. Das Endglied, dessen Dicke an der distalen Grenze sich zwischen 0,0010 und 0,0013 mm hält, besitzt auch keine constante Länge, dieselbe bewegt sich vielmehr innerhalb der Grenzen von 0,0026 und 0,0041 mm. Meist ist das Endglied in eine Spitze ausgezogen und die Berechtigung, das Sehelement als Stäbchen anzusprechen, gründet sich alsdann nur auf die bedeutende Länge von Stiel und Endglied. Zuweilen findet sich jedoch auch die in Fall A und B häufige rechtwinklige Abflachung des Endgliedes an seiner proximalen Grenze.

Bei allen diesen Stäbchenanlagen besitzt die Kornzelle sehr feines, helles Protoplasma; der leicht getrübt Stiel geht allmählich in die nur wenig dunkleren, distalen Parthieen des Mittelgliedes über. Dieses hellt sich stets gegen seine proximale Grenze hin allmählich etwas auf, doch ist diese Erscheinung in vielen Fällen auf die centralen Parthieen beschränkt, während die Peripherie trübe bleibt. Der basale Abschnitt des Endgliedes ist stets viel heller, als das proximale Mittelglied, und es kommt auf diese Weise zwischen beiden Theilen eine deutliche innere Grenze zustande. Eine Trennungsmembran fehlt stets. Die Spitze des Endgliedes, resp. der abgeflachte Theil des Stäbchens, ist stets mehr, oder weniger getrübt.

Die Kornzellen einer weiteren Sehzellform, welche man, freilich nicht mit Sicherheit, für eine Zapfenanlage erklären kann, sind von der limitans externa ca. 0,0033 mm entfernt. Sie sind 0,0053 mm

lang und 0,0039 mm dick, ihr Kern hat eine lange Achse von 0,0046, eine kurze von 0,0033 mm. Der Stiel ist 0,0029 mm lang und, wie ich freilich nur in wenigen Fällen constatieren konnte, entschieden etwas stärker, als bei den Stäbchen. Es folgt als Fortsetzung des Stieles das conische Endglied, 0,002 mm lang. Seine 0,0013 mm im Durchmesser haltende, proximale Begrenzung zeigt eine starke Convexität, der eine Concavität des 0,002 mm langen, ebenfalls kegelförmigen Endgliedes entspricht. Der an die helle Kornzelle sich anreihende Stiel ist ziemlich stark getrübt und geht ohne Grenze in die von augenscheinlich gleichgeartetem Protoplasma erfüllte, distale Parthie des Mittelgliedes über. Der proximale Abschnitt des letzteren ist sehr hell; es entsteht so eine ziemlich scharfe Grenze zwischen beiden Hälften des Mittelgliedes, die aber nicht eben verläuft, sondern eine Convexität des helleren Abschnittes in den dunkleren (distalen) hinein aufweist. Das Endglied ist, dadurch gegen das Mittelglied scharf abgesetzt, sehr dunkel und zwar vor Allem in seiner äussersten Spitze.

Zuweilen kommen auch Stäbchenanlagen vor, deren Kornzellen direkt an die Membrana limitans externa anstossen. Die Kornzelle misst dabei 0,005 : 0,0039, das Korn 0,0041 : 0,0031 mm; ihre lange Achse hat zur limitans externa stets senkrechte Richtung. Die proximale Fortsetzung bildet ein 0,0016 mm langer Stiel, an den sich die Spitze des etwa zuckerhutförmigen Mittelgliedes ansetzt. Dieses ist 0,0018 mm lang, 0,0017 mm dick. Das Endglied, an seiner Basis 0,0008 mm breit, besitzt eine Länge von 0,0043 mm. Es verjüngt sich gegen sein proximales Ende hin allmählich bis auf 0,0006 mm, ohne dabei in eine Spitze auszulaufen. Die Kornzelle und die distalen Hälften des Stieles, sowie des Endgliedes sind sehr hell. Das Mittelglied wird ganz gleichmässig von ziemlich dichtem, trübem Protoplasma erfüllt und ist gegen das Endglied dadurch scharf abgehoben, ohne dass eine Grenzmembran zwischen ihnen vorhanden wäre. Die proximalen Parthieen von Stiel und Endglied sind leicht getrübt und gehen in die helleren Parthieen derselben Theile ohne jede Grenze ganz allmählich über.

Ziemlich häufig tritt eine mit ihrer Kornzelle ebenfalls hart an der äusseren Netzhautgrenze gelegene Sehzellenlage auf, die noch keine Unterscheidung zwischen Stäbchen und Zapfen zulässt. Die Kornzelle, deren lange Achse die limitans externa nur in ganz seltenen Fällen unter rechtem Winkel trifft, ist 0,0069 mm lang und 0,0036 mm breit. An sie schliesst sich proximal ein nur 0,0011 mm langer und ebenso breiter Stiel, der in das schmale Ende des etwa keulenförmigen Mittelgliedes übergeht. Dieses ist 0,0025 mm lang; seine Maximaldicke, die es in Nähe des proximalen Endes erreicht, beträgt 0,002 mm. Das conische Endglied hat eine Länge von 0,0026, einen Grundflächen-Durchmesser von 0,0015 mm. Mit Ausnahme des basalen Mittelgliedes und der Spitze des Endgliedes, die leicht getrübt erscheinen, ist die ganze Anlage von sehr hellem, feinem Protoplasma erfüllt.

Neben den beschriebenen Arten kommen auch im Fall C noch eine Menge von Uebergangsformen vor. Vor Allem giebt es unter den noch nicht näher bestimmbaren Sehzellen die allerverschiedensten Gestalten, doch sind dieselben auch hier ebenfalls immer wenigstens auf der Stufe angelangt, auf welcher Sehelement und Kornzelle nicht direkt, sondern durch einen deutlich erkennbaren Stiel zusammenhängen. Die für Fall A nachweisbare Form der stiellosen Kuppelzelle fehlt also auch hier, ebenso, wie in Fall B, vollständig.

Die eingeschobenen Ganglienzellen sind rundlich-oval und messen 0,0053 : 0,0042, ihre Kerne 0,0038 : 0,0035 mm. Auch hier nimmt in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine solche Zelle immer nur den Fortsatz einer Kornzelle auf. Sehr selten scheint es indessen auch

vorzukommen, dass eine eingeschobene Ganglienzelle durch Verbindung mit derartigen Ausläufern zwei, oder mehrere Sehzellen auf sich vereinigt; die letzteren gehören dann stets einer höher entwickelten Stufe, wenn auch niemals der höchsten, an. Ganz sicher bin ich aber betreffs dieser Verhältnisse nicht, da ich die geschilderte Verbindung mehrerer Kornzellen mit einer jener Ganglienzellen nur in einem einzigen Präparate und auch da nicht mit der wünschenswerthen Deutlichkeit habe nachweisen können. Weitergehende Schlüsse möchte ich daher auf meine Beobachtung, vorläufig wenigstens, nicht aufbauen; immerhin glaubte ich aber, der Sache wenigstens Erwähnung thun zu sollen.

Die eingeschobenen Ganglienzellen liegen in der Hauptsache in einfacher, wenig regelmässiger Lage, etwas distal von der Mitte der äusseren Körnerschicht, finden sich aber häufig auch der limitans externa mehr genähert, in einzelnen Fällen bis auf die Entfernung von 0,009 mm.

Von den kugeligen Zwischenganglienzellen sind zwei durch ihre Grösse verschiedene Arten zu unterscheiden. Die erste derselben, die weitaus die Mehrzahl bildet, hat einen Durchmesser von 0,0066 mm für die Zelle, 0,0043 mm für den Kern; bei der zweiten, viel spärlicher vertretenen, misst die Zelle 0,0079, der Kern 0,0059 mm. Bezüglich der Rolle, welche sie in der nervösen Leitung spielen, scheint mir zwischen beiden Arten der Unterschied zu bestehen, dass die kleineren Zwischenganglienzellen meistens nur mit einer, seltener mit mehreren eingeschobenen Ganglienzellen verbunden sind, während die grösseren umgekehrt fast immer mit einer ganzen Anzahl jener eingeschobenen Ganglienzellen, nur äusserst selten, vielleicht niemals, mit nur einer einzigen von diesen in direktem Zusammenhange stehen. Ausserdem besitzen die kleineren Zwischenganglienzellen neben dem, in der Einzahl oder Mehrzahl vorhandenen, distalen Hauptfortsatz, der die Verbindung mit den äusseren Ganglienzellen vermittelt, stets noch eine ziemliche Anzahl kürzerer und schwächerer Distalausläufer, eine Erscheinung, die sich bei den grossen Zwischenganglienzellen meist gar nicht, oder doch in viel geringerem Umfange findet. Proximale Fortsätze ausser den ihnen mit den eingeschobenen Ganglienzellen gemeinsamen, oder Lateralfortsätze fehlen beiden Arten von Zwischenganglienzellen.

Die Membrana limitans externa zeigt keine Besonderheiten.

Zur Beschreibung der distal von der inneren Körnerschicht gelegenen Netzhautparthieen mag es wieder genügen, näher auf eine einzige Retina (diejenige, welche für die äussere Körnerschicht als Fall A bezeichnet wurde) einzugehen und etwaige Abweichungen von den dabei sich ergebenden Verhältnissen kurz anzudeuten.

Die Granulosa interna hat in dieser Retina im Augenhintergrunde eine Mächtigkeit von 0,0195 mm. Sie besteht in der Hauptsache aus ziemlich grobem Protoplasmagerinnsel, das in den beiden proximalen Dritteln der Schicht ganz gleichmässig vertheilt erscheint, während sich im distalen Drittel hellere und dunklere Stellen in der Art von einander abheben, dass das Bild eines dichteren Netzwerkes in feinerer Grundsubstanz entsteht. Von zelligen Elementen finden sich in der Granulosa interna vor Allem wieder die gangliösen Reservezellen für die Opticusganglienschicht. Dieselben sind hier im Allgemeinen zu zwei Lagen angeordnet, von denen die eine nahe der inneren Körnerschicht, die andere in Nachbarschaft der Opticusganglienzellen, also am distalen Rande der Granulosa interna, sich hinzieht. Die Zellen der erstgenannten Lage sind ausnahmslos kugelig mit einem Durchmesser von 0,0072 mm, während ihr Kern einen solchen von 0,0039 mm besitzt. Sie liegen oft ziemlich weit auseinander, gelegentlich aber auch einander sehr genähert, ohne dass es freilich jemals zur gegenseitigen Berührung käme. Nach allen Seiten senden sie kurze, feine Aus-

läufer, die aber niemals, weder unter sich, noch mit anderen zelligen Elementen, irgend welche Verbindung eingehen. Einzelne, besonders stark entwickelte Fortsätze lassen sich niemals nachweisen, dagegen ist deutlich zu bemerken, dass die Lateraläusläufer, sowohl was Zahl, als was Stärke und Länge betrifft, erheblich hinter den distalen und proximalen zurückbleiben.

Die ebenfalls kugeligen Zellen des inneren Randes der Granulosa interna sind erheblich grösser. Ihr Durchmesser beträgt bis zu 0,0099, der ihrer Kerne 0,0066 mm. Auch zwischen ihnen finden sich gelegentlich ziemlich grosse Zwischenräume. Ausserdem nähern sich das eine Mal einzelne von ihnen den Opticusganglienzellen etwas mehr, ein anderes Mal scheinen andere wieder weiter in die Tiefe der Granulosa hineingerückt. Auch sie schicken nach allen Seiten Ausläufer, von denen ebenfalls wieder die lateralen, und zwar hier in noch höherem Grade, als vorhin, hinter den übrigen zurückgeblieben sind. In einzelnen Fällen hat, besonders bei denjenigen Zellen, die der Opticusganglienschicht sehr nahe kommen, ein einzelner Distalfortsatz in Stärke und Länge über die übrigen ein bedeutendes Uebergewicht erlangt; selten zeigt sich dieselbe Erscheinung auch in Bezug auf einen der proximalwärts abgehenden Ausläufer.

In der Mitte der Granulosa interna treten häufig noch Ganglienzellen auf, die etwa 0,0083 mm (Kern 0,0052 mm) Durchmesser besitzen und durch diese Dimensionen, in denen sie ja zwischen den Reserveganglienzellen der inneren und denen der äusseren Schicht die Mitte halten, sowie durch ihre Lage zwischen den beiden Schichten, bald der einen, bald der anderen etwas mehr genähert, den Uebergang vermitteln. Auch sie lassen nach allen Richtungen Ausläufer abgehen, von welchen ebenfalls wieder die distalen und proximalen in jeder Hinsicht über die lateralen überwiegen. Eine Verbindung mit anderen Zellen, und wäre es auch nur durch Contact, wird durch diese Fortsätze entschieden nicht hergestellt.

Diese Reserveopticusganglienzellen der Granulosa interna scheinen dieselben Elemente zu sein, wie diejenigen, durch welche Hess die „innere reticuläre Schicht“ ausgezeichnet sein lässt, und die er als grosse „offenbar Ganglienzellen gleichwerthige Zellen“ beschreibt. Ich habe deren Existenz bei einer früheren Gelegenheit ¹⁾ bestreiten zu müssen geglaubt, ein Irrthum, den ich hiemit berichtigt haben möchte.

Endlich kommt im Gebiete der Granulosa interna noch eine weitere Art von Zellen vor. Dieselben sind rundlich-oval, sie messen 0,0066 : 0,0043, ihre Kerne 0,0049 : 0,0033 mm, sind also etwas grösser, als die inneren Körnerzellen, denen sie sonst in jeder Beziehung vollständig gleichen. Man hat es hier wieder mit den für die embryonalen Netzhäute so oft constatirten Vergrösserungs- resp. Vermehrungszellen zu thun. Sie finden sich, freilich immer nur wenig zahlreich, vorwiegend am inneren Rande der Granulosa interna, kommen aber vereinzelt auch in Nähe der inneren Körnerschicht vor, während sie in den centralen Parthieen der Granulosa interna fehlen. Abweichungen von der geschilderten Zusammensetzung dieser Schicht kommen, abgesehen von den schwankenden Stärkeverhältnissen, nur in Bezug auf Menge und Anordnung der Reserveganglienzellen vor. Diese fehlen zuweilen in der proximalen Hälfte der Schicht vollständig, während sie in der distalen, und zwar besonders an deren innerem Rande, weit häufiger werden, als in den Netzhäuten der oben beschriebenen Art. In anderen Fällen halten sich die Reserveopticusganglienzellen hauptsächlich in der Mitte der Granulosa interna, wo sie zu 2 bis 3, ziemlich unregelmässig verlaufenden Lagen angeordnet

¹⁾ C. Kohl. Einige Notizen über das Auge von *Talpa europaea* und *Proteus anguineus*. in Zool. Anzeiger. 1889. No. 312.

sind. Ihre Dimensionen entsprechen dann denjenigen der Reserveganglienzellen, welche in der als Beispiel herausgegriffenen Netzhaut die Vermittler zwischen den beiden peripherischen Ganglienzelllagen zu bilden scheinen. Daneben finden sich aber vereinzelt in Nachbarschaft der inneren Körnerschicht kleinere, nahe den Opticusganglienzellen grössere Reserveelemente. In wieder anderen Fällen sind diese, von Aussen nach Innen an Grösse allmählich zunehmend, ohne jede erkennbare Anordnung durch die ganze Granulosa interna verstreut.

Auch hinsichtlich der „Vergrösserungszellen“ zeigen einzelne Netzhäute ein abweichendes Verhalten. Dieselben fehlen z. B. zuweilen vollständig. In anderen Fällen sind sie dagegen ziemlich zahlreich und finden sich regellos in der ganzen Granulosa interna. Ein anderes Mal sind sie wieder auf das äussere (proximale) Drittel der Schicht beschränkt und stellen sich als eine Art Einwanderung der inneren Körnerzellen, denen sie in diesen Fällen auch in ihren Dimensionen vollkommen gleichstehen, in die Granulosa interna dar.

Die Schicht der Opticusganglienzellen ist im Augenhintergrunde ca. 0,0130 mm mächtig. Ihre Elemente haben nicht alle die gleiche Grösse, man muss in derselben Retina vielmehr in dieser Hinsicht eine ganze Reihe von Abstufungen unterscheiden. Die kleinsten davon besitzen einen Durchmesser von 0,0097, ihr Kern von 0,0064 mm. Die Mehrzahl mag etwa 0,0102 mm Zelldurchmesser, bei 0,0074 mm Kerndurchmesser aufweisen. Einzelne Exemplare erreichen jedoch einen Durchmesser von 0,0112 mm für die Zelle, 0,0086 mm für den Kern. Sie senden sämtlich eine Menge proximalwärts gerichteter Ausläufer in die Granulosa interna hinein, von denen sich viele bis etwa an die Proximalgrenze des distalen Drittels dieser Schicht verfolgen lassen. Ausserdem hat jede Opticusganglienzelle einen proximalen Hauptfortsatz, durch welchen sie den Zusammenhang mit einer inneren Ganglienzelle herstellt. Diese Verbindung liess sich, der Natur der Sache nach, in meinen Schnittpräparaten nur selten, dann aber stets mit grosser Deutlichkeit in ihrer ganzen Ausdehnung constatieren. Niemals aber, weder in der Netzhaut des vorliegenden Exemplars, noch bei anderen, war es mir möglich, eine Theilung dieses Hauptfortsatzes in 2, oder mehr Aeste, und damit eine Verbindung einer Opticusganglienzelle mit mehreren inneren Ganglienzellen zu constatieren.

Distalwärts lässt jede Opticusganglienzelle nur einen einzigen, starken Fortsatz, die Opticusfaser, abgehen.

Die Opticusfaserschicht ist von der Bindegewebsfaserschicht, und meist auch der *Tunica vasculosa Retinae*, nicht zu trennen. Im Augenhintergrunde messen diese drei Netzhautschichten zusammen etwa 0,0039 mm. Die Opticusfasern nehmen dabei, in ihrem Verlaufe, parallel zur inneren Netzhautfläche nach ihrem Sammelplatz zum Sehnerven hin, etwa die äussere Hälfte, oft aber auch die beiden proximalen Drittel der Sammelschicht in Anspruch, und nur das innerste Drittel kann als für die Gefässschicht der Retina reserviert angesehen werden. Die Opticusfasern sind bald zu einer festen Schicht zusammengedrängt, bald aber wieder ganz locker angeordnet und verlaufen dann zu vielen kleinen Bündelchen vereinigt, gelegentlich aber auch einmal vollkommen isoliert.

Ueber die *Membrana limitans interna*, die ja schon auf verhältnissmässig früher Embryonalstufe vollständig fertig war, ist nichts hinzuzufügen.

Die Stützfaser, oder Müller'schen Fasern, ziehen jetzt im Allgemeinen in gerader Richtung quer durch die Netzhaut. An die *limitans interna* setzen sie sich mit der bekannten kegelförmigen Erweiterung, den sogen. dreieckigen Füßchen, an. Diese zeigen im Innern meist keine besondere Differen-

zierung; zuweilen sind ihre peripherischen Parthieen von dichterem Protoplasma erfüllt, und erscheinen etwas getrübt, während ihre centralen Theile ganz hell bleiben. Kernartige Zusammenballungen des sie erfüllenden Protoplasma's kommen in ihnen niemals vor. Die Stützfasern durchsetzen alle inneren Retinaschichten, bis zur inneren Körnerschicht einschliesslich, ohne jede Abgabe von Seitenästen. Solche finden sich allein im Gebiete der Granulosa externa, zu deren Aufbau ihre sehr weitgehende Verzweigung einen grossen Theil beiträgt. Die äusseren Netzhautschichten werden von den Müllerschen Fasern wieder ohne Astbildung durchlaufen. Die Stützfasern dringen schliesslich zwischen den Sehzellen durch die Membrana limitans externa durch und treten, unter Benützung der Zwischenräume zwischen den Zellen des Pigmentepithels auch diese Schicht durchsetzend, an die, meist besonders differenzirten innersten Lagen der Chorioidea heran, mit denen sie sich vereinigen. Es lässt sich dies freilich, wegen der in diesen Theilen des Auges fast immer sehr starken Pigmentanhäufung, nur in seltenen Fällen deutlich nachweisen. (Näheres hierüber in dem die Chorioidea behandelnden Abschnitte.)

Die Stützzellen, welche theils in Gesellschaft der Fasern, diesen angelagert, theils selbstständig vorkommen, haben in der Retina des erwachsenen Maulwurfs durchschnittlich 0,0098 mm Länge und 0,0029 mm Breite; ihre Kerne messen 0,0066 : 0,0022 mm. In einzelnen Fällen wollte es mir scheinen, als ob sie im Gebiete der Granulosa interna etwas kleiner, in der äusseren und der inneren Körnerschicht dagegen noch etwas grösser aufträten; dieser Unterschied ist indessen, wenn überhaupt vorhanden, immer nur geringfügig und keinesfalls von tieferer Bedeutung. Die Stützzellen sind in der Granulosa interna immer sehr selten; nur wenig zahlreicher finden sie sich in der inneren Körnerschicht. Das Verhalten der äusseren Körnerschicht ist auch in diesem Punkte sehr schwankend. Neben Netzhäuten, wo die Stützzellen in der genannten Schicht sehr häufig sind und selbst gelegentlich zwischen den Kornzellen sich finden, kommen wieder, freilich nur selten, solche vor, deren äussere Körnerschicht keine Spur von Stützzellen aufweist. Die Mehrzahl bilden aber entschieden die Fälle, in welchen die centralen Parthieen der äusseren Körnerschicht Stützzellen in geringer Menge führen, während das Gebiet der Zwischenganglienzellen, sowie der Sehzellen derselben entbehrt. Sämmtlichen übrigen Netzhautschichten fehlen die Stützzellen vollständig.

Ueber die Flächenausbreitung der einzelnen Schichten der Retina ist Folgendes zu bemerken. Die äussere Körnerschicht setzt sich in die Uebergangszone fort, deren äusseren Theil sie bildet. Ihre Zwischenganglienzellen und eingeschobenen Ganglienzellen gehen vom Augenhintergrund aus bis an die proximale Grenze jener Zone, liegen jedoch in den dem Augenhintergrunde genäherten Theilen stets dichter, als in den mehr dem distalen Augenpol nahe kommenden. Die Sehzellen finden sich noch in einem Theile der äusseren Parthieen der Uebergangszone. Es ist auch beim erwachsenen Thiere, wie bei den embryonalen Stadien, das Gesetz zu erkennen, dass, je weiter vom Augenhintergrunde entfernt, desto häufiger die niedriger entwickelten Formen der Sehzellen sich zeigen, während die höher und höchst ausgebildeten, hier also die deutlich differenzirten Stäbchen und Zapfen, mehr und mehr zurücktreten. Gänzlich verschwinden dieselben aber jetzt in keinem Theile der Retina, man kann vielmehr auch in den der Iris am nächsten gelegenen Abschnitten stets noch wohl ausgeprägte Sehelemente beider Gattungen, nur aber eben in viel geringerer Anzahl, constatiren. Eine Ausnahme macht die oben als Fall C beschriebene Retina, welche ja auch schon im Augenhintergrunde nur verhältnissmässig wenige deutlich zu unterscheidende Stäbchen und Zapfen besass. Diese gehen hier distalwärts nicht über das Niveau des Augenaequators hinaus; in den dem

vorderen Augenpole mehr genäherten Netzhautparthieen setzt sich die Sehzellschicht lediglich aus jenen „unbestimmten“ Elementen, Vorstufen zu Stäbchen, oder Zapfen, zusammen.

In der Zwischenganglienschicht derselben Retina finden sich die grossen Elemente distalwärts ebenfalls nur bis zum Aequator des Bulbus hin; weiter nach vorne besteht die Schicht lediglich aus der kleineren Art von Zwischenganglienzellen.

Die Granulosa externa reicht in allen Fällen bis zur proximalen Grenze der Uebergangszone, aber niemals weiter.

Die innere Körnerschicht geht in die Uebergangszone über und bildet deren inneren Theil, lässt sich also vom Augenhintergrunde aus bis zur proximalen Irisgrenze verfolgen, an der sie plötzlich aufhört. Ihre Ganglienzellen, und zwar innere, wie äussere, gehen aber nicht weiter, als bis zur proximalen Grenze der Uebergangszone; die Reserveganglienzellen dringen noch ein kleines Stück weit in letztere ein. Je näher der Iris, desto häufiger werden die inneren Körner, zum Theil auf Kosten der Ganglienzellen, die immer grössere Abstände zwischen sich lassen.

Die Granulosa interna, die Opticusganglienschicht und damit auch die Opticusfaserschicht erstrecken sich vom Augenhintergrunde aus nur bis an die proximale Grenze der Uebergangszone. In dem der letzteren näher liegenden Abschnitte der Granulosa interna ist die für den Augenhintergrund, wie gezeigt worden ist, durchgeführte Anordnung der Reserveopticusganglienzellen in einzelne von einander getrennte Lagen niemals mehr vorhanden. Die Zellen liegen vielmehr, stets ganz ohne jede Gesetzmässigkeit, enge zusammen und sind vielfach gegen die Opticusganglienzellen, ja zwischen diese hinein gedrängt.

Ein Bild der Grössenverhältnisse der einzelnen Retinaschichten und zwar gemessen an den auch im Vorhergehenden als Typen angenommenen 3 Fällen, soll nachstehende Tabelle geben. Ich bemerke hiezu noch, dass ich unter der Bezeichnung: „Die inneren Retinaschichten“ Granulosa interna, Opticusganglienschicht, Opticusfaserschicht und Tunica vasculosa Retinae verstehe, die sich ja in vielen Fällen nicht scharf trennen lassen.

F a l l		A	B	C
Bulbustiefe		0,8620	0,9487	1,0350
Äussere Körnerschicht	im Augenhintergrund .	0,0377	0,0377	0,0260
	an Irisgrenze	0,0208	0,0169	0,0299
Granulosa externa	im Augenhintergrund .	0,0104	0,0104	0,0130
	an Irisgrenze	0,0065	0,0078	0,0156
Innere Körnerschicht	im Augenhintergrund .	0,0260	0,0507	0,0338
	an Irisgrenze	0,0260	0,0390	0,0390
Die inneren Retinaschichten	im Augenhintergrund .	0,0364	0,0838	0,0585
	an Irisgrenze	0,0273	0,0507	0,0344
Gesammtretina	im Augenhintergrund .	0,1105	0,1826	0,1313
	an Irisgrenze	0,0806	0,1144	0,1189

Ich werde auf diese Zahlen und auf die daraus resultirenden Verhältnisse im Schlusstheile dieser Arbeit, der hauptsächlich eine genaue Vergleichung der von mir untersuchten „rudimentären“ Augen mit normalen Sehorganen bringen wird, des Näheren eingehen. An dieser Stelle möchte ich nur die Behauptung von Hess zurückweisen, nach welcher sich das Verhältniss von Retinadicke im Augenhintergrunde zu Augenachsenlänge auf 1:6 stellen soll. Ein solches Verhältniss kann sich ja ergeben, wenn es mir auch scheinen will, als müsste dasselbe dann doch eine sehr grosse Ausnahme bilden, da Hess für dasselbe eine Retinastärke von 0,18 mm zu Grunde legt, die er — ein Fehler, der sich in seiner hier in Betracht kommenden Arbeit ja immer wieder findet — ohne Weiteres als für das Maulwurfsauge im Allgemeinen zutreffend annehmen zu dürfen glaubt. Eine solche Mächtigkeit erreicht die Maulwurfsnetzhaut nun aber nur in seltenen Fällen, gewöhnlich bleibt sie weit dahinter zurück. Die Dicke der Retina im Augenhintergrunde verhält sich thatsächlich zur Augenachsenlänge in der grossen Mehrzahl der Fälle wie 1:7,8; viel seltener wird die Netzhaut verhältnissmässig stärker. So kann sich das angegebene Verhältniss gelegentlich sogar auf 1:5 stellen.

Z u s a m m e n f a s s u n g.

Schon bei dem frühesten mir zur Verfügung gewesenen Entwicklungsstadium der Maulwurfsnetzhaut setzte sich dieselbe, wie man gesehen hat, aus zweierlei Elementen, nervösen und bindegewebigen, zusammen.

A) Die nervösen Elemente.

Als ein diesen Theilen gemeinsames Moment mag an erster Stelle die Thatsache verzeichnet sein, dass alle Entwicklung der Netzhaut vom Augenhintergrunde ausgeht. Jede Bildung von Schichten, jedes Auftreten neuer oder complicierterer Formen von Zellen etc. beginnt immer in der Gegend des proximalen Augenpols und dringt von hier aus in die dem distalen Augenpole näher liegenden Netzparthieen vor.

Die nervösen Elemente bestehen zunächst ausschliesslich aus ganz gleich entwickelten, rundlich-ovalen Zellen mit grossen Kernen. Sie zeigen Anfangs noch keine bestimmte Anordnung, höchstens kann man sagen, dass sie in den äusseren Theilen der Retina etwas zahlreicher sind und dichter liegen, als in den inneren. Aus diesen Zellen entwickeln sich nun der Reihe nach alle nervösen Schichten, und zwar, wie bemerkt, vom Augenhintergrunde aus. Man kann infolgedessen häufig bei einer Netzhaut die Entwicklungsstufe, auf der früher der Augenhintergrund stand, in den vorderen Parthieen wiederfinden, während die Schichten des Augenhintergrundes schon weiter fortgeschritten sind.

Der erste Schritt zur Schichtenbildung wird dadurch gemacht, dass die nervösen Zellen in der äusseren, proximalen Hälfte der Retina sich zusammendrängen, während sie in der inneren seltener werden. Sie fehlen in der letzteren zwar zunächst auch noch nicht vollständig, treten jedoch hinter den bindegewebigen Elementen immer mehr zurück, und bald beginnt sich in ihnen ein Auflösungsprozess geltend zu machen: ihre Zellmembran zerreisst und wird resorbiert, das Zellprotoplasma tritt aus und trägt, zusammen mit den Bestandtheilen des ebenfalls zerfallenden Kernes, die Hauptsache bei zur Vermehrung der Grundsubstanz der Netzhaut, also zur Neubildung jenes protoplasmatischen Gerinnsels, in das alle zelligen und faserigen Elemente eingebettet sind. Eine solche Neubildung

von freiem Protoplasma, und zwar ganz auf dieselbe Art, tritt auch in der äusseren Hälfte der Retina, also im Gebiete der nervösen Körnerzellen, wenn auch in geringerem Masse, ein und setzt sich im Laufe der ganzen Weiterentwicklung des Organes fort.

Es hat sich also zunächst die Trennung der Retina in zwei leicht zu unterscheidende Schichten: eine innere, vorwiegend mesodermale: Bindegewebsfaserschicht und eine äussere, in der grossen Hauptsache nervöse: Körnerschicht vollzogen. In der letzteren ordnen sich die Zellen des äusseren Randes zu einer regelmässigen, enge gedrängten einfachen Lage an. In einzelnen Fällen beginnt der proximale Pol dieser Zellen etwas in die Länge zu wachsen; ebenso verlängert sich das distale Ende derselben zu einer scharfen Spitze. Die Körnerzellen der distal von dieser, bereits besonders angeordneten Zellschicht liegenden Theile der äusseren Netzhautparthie haben sich inzwischen stark vermehrt und sind zum Theil wieder in die Bindegewebsfaserschicht eingedrungen. Einzelne von ihnen sind etwas grösser geworden und haben Kugelgestalt angenommen. Diese letzteren beginnen dann unter fortgesetzter Grössenzunahme, nach allen Seiten kurze Fortsätze abgehen zu lassen, sich zu Ganglienzellen zu entwickeln. In der Mehrzahl nehmen sie den inneren Rand der Körnerschicht ein, ohne indessen dort zunächst eine deutlich ausgesprochene, geschlossene Lage zu bilden.

Auch in die Bindegewebsfaserschicht der Retina dringen, wie bereits bemerkt, Körnerzellen ein und entwickeln sich dort zu Ganglienzellen. Diese nähern sich dem inneren Rande der Retina immer mehr und verlieren dabei allmählich wieder die Lateralfortsätze, während ihre proximalwärts gerichteten in Zahl und Ausdehnung vorläufig unverändert erhalten bleiben.

Die Distalfortsätze der Ganglienzellen des inneren Netzhautrandes verschwinden ebenfalls bis auf einen einzigen, der an Stärke und besonders Länge immer mehr zunimmt, unter rechtem Winkel umbiegend längs der Innenfläche der Retina hinzieht und schliesslich in den Augenblasenstiel eintritt, also zur Opticusfaser wird und der Ganglienzelle, von welcher er ausgeht, damit den Charakter einer Opticusganglienzelle verleiht. Diese sind anfangs noch ziemlich spärlich, vermehren sich aber rasch durch Einschub von Reserveelementen, die sich aus den Körnerzellen entwickelt haben, in ihre Reihen. Die Reserveelemente zeigen die Anlage der Opticusfaser schon ehe sie in die unmittelbare Nähe des inneren Netzhautrandes getreten sind; sogar eine vollständig entwickelte Nervenfasern kommt nicht selten bei Ganglienzellen vor, die noch proximal von den inneren Opticusganglienzellen liegen: diese Schicht ist daher oft, vorübergehend, eine doppelte. Die Opticusfaser legt sich also an, ehe ein Zusammenhang der Opticusganglienzelle mit tiefer in der Retina liegenden Ganglienzellen zustande gekommen ist.

Den nächsten Fortschritt stellt die Herstellung einer Verbindung zwischen den Opticusganglienzellen und den Ganglienzellen des inneren Randes der Körnerschicht dar. Zu diesem Zwecke entwickeln die letzteren einen ihrer Distalfortsätze, unter gleichzeitiger Verkümmern der übrigen, besonders stark und lang. Die Opticusganglienzellen schicken ihrerseits einen hervorragend entwickelten Ausläufer proximalwärts. Treffen sich nun diese beiderseitigen Ausläufer auf ihrem Wege, so legen sie sich aneinander und verschmelzen bald zu einem gemeinsamen Nervenfasern, der sich nunmehr zwischen einer Opticusganglienzelle und einer von jenen Ganglienzellen am inneren Rande der Körnerschicht ausspannt. Durch die so hergestellte Verbindung erlangen die letzteren den Charakter von inneren Ganglienzellen.

Ob die beiden gegeneinander ausgesandten Fortsätze sich treffen werden, ist also eine Sache des Zufalls. In den meisten Fällen werden sie sich wohl nicht nahe genug kommen, um eine Verschmelzung eingehen zu können. Der von der Opticusganglienzelle ausgeschickte Ausläufer verkümmert dann; es wird aus der Zahl der kleineren Proximalfortsätze derselben Zelle wieder einer besonders hervorragend entwickelt und gegen die innere Ganglienschicht hingetrieben, um die Vereinigung zu bewerkstelligen. Wie oft im Falle des Misslingens derselbe Prozess sich wiederholt, lässt sich nicht feststellen, doch dürfte der Umstand, dass die Opticusganglienzelle ja nur über eine bestimmte Menge Material verfügt, und die Ernährung der Zelle wohl kaum Ersatz für derartige grosse Ausgaben zu verschaffen im Stande sein dürfte, den Versuchen bald eine Grenze stecken. Ist es einer Opticusganglienzelle also nicht gelungen, sich mit einer inneren Ganglienzelle in Verbindung zu setzen, so hat sie ihre erste Bestimmung verfehlt und fällt der Auflösung anheim. Infolgedessen wird einerseits der Platz, den sie eingenommen hatte, für eine aus der Zahl der Reserveelemente hereinrückende, neue Opticusganglienzelle frei, andererseits vermehrt sie durch ihr Material die Grundsubstanz der Retina. Die Opticusganglienzellen werden dadurch etwas auseinandergerückt, und es entsteht so allmählich wieder Raum für den Nachschub neuer Elemente in ihre Reihen.

Die Chancen der beiderseitigen feinen Ausläufer, sich zu treffen, sind ja nun sehr gering, und es wird häufig genug vorkommen, dass Opticusganglienzellen infolgedessen in Zerfall gerathen müssen, ja, dieser Fall wird sogar die Regel, das Zustandekommen der Verbindung dagegen die Ausnahme bilden. Bedenkt man aber die im Verhältniss zur Zahl der Opticusganglienzellen immer bedeutende, oft geradezu gewaltige Anzahl der Reserveganglienzellen, so kommt man leicht zu der Erkenntniss, dass bei den immer von Neuem, immer wieder durch frische Elemente unternommenen Versuchen, jenen Zusammenhang zu Stande zu bringen, doch von Zeit zu Zeit einer mit Erfolg gekrönt sein muss.

Die inneren Ganglienzellen scheinen sich an diesem Bestreben in weit geringerem Masse activ zu betheiligen. Sie schicken ihren Distalfortsatz eine Strecke weit gegen die Opticusganglienzellen hin und warten nun, ob ein Proximalfortsatz von jener Seite her sich damit in Verbindung setzen wird. Geschieht dies innerhalb eines gewissen Zeitraumes nicht, so verfallen sie, ganz ebenso und mit derselben Wirkung, der Auflösung und ihre Stelle wird aus der Zahl ihrer Reserveelemente neu besetzt. Wie gross jener Zeitraum, von der Ausbildung des Distalausläufers, bis zum Beginn des Zerfalls, sein mag, lässt sich auch nicht annähernd feststellen. Es scheint aber, dass die inneren Ganglienzellen, schon weil sie weniger Ausgaben haben, sich länger zu halten vermöchten, als die Opticusganglienzellen. Dafür spricht auch die Thatsache, dass ihnen stets viel weniger Reserveganglienzellen zur Verfügung stehen, als diesen.

Es macht sich also in Bezug auf diese beiden Arten von Ganglienzellen und ihre gegenseitige Verbindung ein Kampf ums Dasein geltend. Nur Elemente, welche unter günstigen Bedingungen — als solche käme hier in erster Linie die Lage in Betracht — existieren, können den erstrebten Zusammenhang herstellen und damit eine Stelle in der nervösen Leitung erlangen, also ihre Bestimmung erfüllen; alle ungünstiger situirten verfehlen ihren Zweck und gehen daher als selbstständige Elemente zu Grunde, wobei sie allerdings für das Organ dann wieder in anderer Weise nützliche Verwerthung finden.

Wie weiter unten gezeigt werden wird, treten in der Entwicklung von Zeit zu Zeit Perioden verhältnissmässiger Ruhe ein. Dieselben sind zwar keineswegs für alle Netzhauttheile gleichzeitige,

doch kann es nicht ausbleiben, dass sich Rückwirkungen einer vorübergehenden Stockung in der Ausbildung eines Theiles auf viele, oder alle übrigen geltend machen. Erleidet z. B. die Neubildung von Körnerzellen eine vorübergehende Unterbrechung, so wird bald auch eine Pause in der Ausbildung von Reserveganglienzellen, sei es für die innere Ganglienschicht, oder für die Opticusganglienschicht, sich bemerklich machen. Infolgedessen werden die Lücken in letzterer nicht so rasch, wie sonst, wieder ausgefüllt werden können. Es gelangen weniger Fortsätze von Opticusganglienzellen zur Verbindung mit inneren Ganglienzellen und infolgedessen gehen wieder von diesen mehr Exemplare zu Grunde, als sonst. Inzwischen hat nun allerdings die Neubildung von Körnerzellen wieder in erhöhtem Masse eingesetzt, aber der Vorrath genügt dem entstandenen Bedürfniss vorläufig noch nicht, und innere Körnerzellen beginnen sich deshalb sofort zu Ganglienzellen zu entwickeln, ohne vorher, wie dies sonst gewöhnlich der Fall, kugelige Gestalt angenommen zu haben. Es kommt eben darauf an, die vorhandenen Lücken möglichst rasch wieder auszufüllen, und in Ermangelung ganz fertigen, wird dazu halbfertiges Material herbeigezogen. Erst an der Stelle ihrer Wirksamkeit, nachdem sie meist schon in Funktion getreten, erhalten diese Zellen dann ihre gewöhnliche Kugelgestalt. Es erklärt sich so das auf einzelnen Entwicklungsstufen in Erscheinung tretende Vorkommen von rundlich-ovalen Opticusganglienzellen, inneren Reserveganglienzellen und inneren Ganglienzellen.

Die im Obigen geschilderten Vorgänge sind indessen keineswegs auf die frühen Entwicklungsstadien der Retina beschränkt. Es bilden sich vielmehr immer wieder Körnerzellen zu Nervenganglienzellen aus, entweder innerhalb der Körnerschicht, oder erst, nachdem sie aus derselben heraus in das Gebiet der Bindegewebsfaserschicht, resp., auf höheren Entwicklungsstufen, der Granulosa interna getreten sind. Die Reservezellen reihen sich in die Lagen der entwickelten Ganglienzellen ein und suchen dann, selbst zu solchen geworden, durch distale, resp. proximale Fortsätze die erwähnte Verbindung herzustellen, was ihnen, wie gezeigt wurde, gelingt — oder auch nicht.

In der Zeit, wo sich der Zusammenhang zwischen den beiden Ganglienzellenlagen zum erstenmale herstellt, entwickelt sich auch der proximale Theil der Körnerschicht weiter. Seine äusserste Zellenlage differenziert sich immer deutlicher zur Sehzellschicht, indem die proximalen Zellpole weiter auswachsen und allmählich kuppelförmige, dann Kegelgestalt gewinnen. Das ausgewachsene Ende zeigt stets dichteres und dunkleres Protoplasma und setzt sich gegen die helle Zelle selbst oft sehr deutlich ab. Der zur Spitze ausgezogene, distale Zellpol beginnt einen kurzen Faden zu entwickeln, der sich ein kleines Stück weit in die Tiefe der Körnerschicht hinein erstreckt.

In der bisher geschilderten Entwicklung ist es also nunmehr zur Differenzierung einer Körnerschicht und einer Faserschicht gekommen. In ersterer hat sich eine Sehzellschicht und innere Ganglienschicht, in letzterer die Opticusganglienschicht und Opticusfaserschicht gebildet. Die Körnerzellen erfahren nun eine gewaltige Vermehrung und infolgedessen nimmt die Mächtigkeit der Körnerschicht sehr bedeutend zu. Die Umbildung von Körnerzellen in Ganglienzellen nimmt ebenfalls grössere Dimensionen an, ist jedoch stets auf die innere Hälfte der Schicht beschränkt. Die neugebildeten Ganglienzellen nähern sich aber nicht mehr sämmtlich, wie früher, der inneren Ganglienschicht, mit der offenbaren Tendenz sich in diese einzureichen, sondern ein grosser Theil von ihnen verharret jetzt etwa in der Mitte der Körnerschicht. Die am weitesten entwickelten Ganglienzellen dieser Gegend ordnen sich zu einer ziemlich regelmässig verlaufenden, einfachen Lage an, den äusseren Ganglienzellen, wodurch die Körnerschicht in zwei, zunächst ungefähr gleiche Hälften, eine innere und

eine äussere Körnerschicht, zerlegt wird. Die äusseren Ganglienzellen, die zunächst nach allen Seiten Fortsätze aussenden, verlieren die lateralen sehr bald, bis auf einige Spuren, die schliesslich ganz in Wegfall kommen; auch die proximalen Ausläufer treten stark zurück, wenigstens was ihre Zahl betrifft, und nur die distal gerichteten entwickeln sich in Anzahl, Stärke und besonders Länge ungestört weiter.

In der äusseren Körnerschicht scheint betreffs der Weiterentwicklung der Sehzellen zunächst eine gewisse Ruhepause einzutreten. Sie vermehren sich aber durch Auswachsung weiterer Körnerzellen, die in ihre Schicht eindringen, sehr bedeutend und die Differenzierung, welche die Elemente im Augenhintergrunde bereits erreicht haben, tritt mehr und mehr auch bei den dem distalen Augenpol näher liegenden auf.

In der Nähe der inneren Grenze der äusseren Körnerschicht beginnt bald abermals eine Umwandlung von Körnerzellen zu Ganglienzellen, die, wie Anfangs ja immer, nach allen Seiten kleine Ausläufer absenden, ohne vorläufig einen davon in hervorragender Weise auszubilden. Es sind dies die ersten Anlagen der Zwischenganglienzellen. Was diese Bezeichnung betrifft, so scheint dieselbe, wenigstens für Säugethiere, nicht glücklich gewählt zu sein. Man könnte an ihrer Stelle vielleicht besser sagen: „innere Ganglienzellen der äusseren Körnerschicht,“ was freilich wieder etwas schwerfällig klingen würde. Ich habe nun aber den Namen „Zwischenganglienzellen“ im ersten Theile dieser Arbeit für die betr. Elemente in der Netzhaut niedriger stehender Wirbelthiere, wo er mir entschieden das Wesen der Sache zu treffen schien, ausnahmslos angewendet und möchte deshalb, mit Rücksicht auf die Einheitlichkeit der Bezeichnung, auch jetzt daran festhalten.

Schon während der zuletzt geschilderten Vorgänge hat von der Gegend des intraretinalen Opticus her die Bildung einer weiteren Retinaschicht begonnen. Es entstand nämlich, distal von der inneren Ganglienschicht, zwischen ihr und der in der Hauptsache von den Opticusganglienzellen und ihren Reservezellen erfüllten Bindegewebsfaserschicht eine Art Spaltraum rings um den Sehnerven, der nur von protoplasmatischem Gerinnsel gebildet war und sich, sehr rasch an Mächtigkeit zunehmend, nach dem vorderen Augenpol hin über die ganze Retina horizontal ausbreitete. Es ist dies die Granulosa interna, die, wie gesagt, zunächst sich nur im Umkreise des Sehnerven (während seines Verlaufes durch die Netzhaut) findet. Ihre Bildung fällt zeitlich zusammen mit einer jener Ruhepausen in der Entwicklung, resp. Ergänzung, der Opticusganglienzellen; die Granulosa interna ist daher bei den Stadien, in denen sie zuerst auftritt, stets ganz frei von inneren Körnerzellen, Reserveganglienzellen, überhaupt von allen nervösen Zellen. Erst nachdem sie sich in der Retina bis zur Grenze der Iris hin ausgebreitet hat, was allerdings, wie bemerkt, sehr rasch geschieht, treten wieder Zellen aus der inneren Körnerschicht distalwärts heraus, um sich weiter zu entwickeln, und von da ab führt dann die Granulosa interna stets Reserveopticusganglienzellen, die sich auf dem Wege nach der Opticusganglienschicht befinden.

Die Bindegewebsfaserschicht wird immer mehr verdrängt und findet sich bald auf einen schmalen Raum distal von der Opticusganglienschicht beschränkt.

Die Sehzellen, welche bisher, wenigstens hinsichtlich der Weiterdifferenzirung der höher entwickelten Exemplare, einen gewissen Stillstand gezeigt hatten, beginnen nunmehr auch ihrerseits in der Ausbildung fortzuschreiten. Die proximale Verlängerung der Zelle wächst proximalwärts weiter; ihre ursprünglich flache Kuppelform wird zur hohen Kuppel, diese erhält eine Spitze, oder

aber der ausgewachsene Theil nimmt direkt Kegelgestalt an. Dann schnürt die Auswachsung, in beiden Fällen, sich allmählich etwas gegen ihre Zelle ab und wächst dabei weiter in die Länge. Die Kornzelle selbst tritt in den meisten Fällen immer mehr in die Tiefe der äusseren Körnerschicht. Der eingeschnürte Theil verlängert und verdünnt sich und wird zum Stiel. Der proximal von letzterem gelegene Abschnitt der Sehzelle wächst vorläufig nicht mehr, weder in die Länge, noch in die Breite, er wird im Gegentheil oft erheblich kleiner: man gewinnt den Eindruck, als ob alles Material, das bisher zur Vergrösserung aufgebraucht wurde, jetzt zum inneren Ausbau des Sehelementes verwendet würde. Dasselbe nimmt nunmehr die Gestalt zweier, etwa gleich hoher, mit den Grundflächen aneinandergelegter Kegel an, von denen die Spitze des einen in den Stiel übergeht, während die des anderen den proximalen Endtheil der ganzen Anlage darstellt. Im Innern erfährt das Protoplasma eine besondere Anordnung, doch ist dieselbe so mannigfaltig, dass sich eine Gesetzmässigkeit kaum erkennen lässt. Immerhin mag man aber festhalten, dass zunächst die distale Hälfte, also der innere Kegel, meist von dichterem, dunklerem Protoplasma erfüllt ist, während die Basistheile des äusseren viel heller erscheinen. Die Spitze ist fast ausnahmslos wieder trüber.

Bis auf diese Stufe war es nicht möglich, die Anlage von Stäbchen und von Zapfen zu unterscheiden. Erst von jetzt ab schlägt die Weiterentwicklung zwei verschiedene Wege ein. Bei einem Theile der Sehzellen, dessen Kornzellen mehr in der Nähe des äusseren Netzhautrandes verblieben sind, beginnen die Basaltheile der beiden das Sehelement darstellenden Kegel etwas in die Länge zu wachsen. Es entsteht so ein tonnenförmiger Körper, von dessen Länge etwa die distalen 3 Viertel durch ziemlich dunkles Protoplasma gleichmässig erfüllt sind, während die, ebenfalls wieder kegelförmige, proximale Spitze, immer mit Ausnahme ihres äussersten Endes, sehr hell und dadurch gegen die distalen Theile mehr oder weniger scharf abgehoben erscheint. Diese Grenze prägt sich immer deutlicher aus und schliesslich bildet sich hier eine beide Theile trennende Grenzmembran, ein Zustand, den aber die Sehelemente auch in der Netzhaut des erwachsenen Thieres nur selten erreichen. Man hat es hier mit Zapfen zu thun, an denen sich auf ihren höheren Entwicklungsstufen die 4 Theile: Kornzelle, Stiel, Mittelglied, oder Körper, und Endglied deutlich unterscheiden lassen. Das letztere wächst nach Durchführung dieser Eintheilung noch ein wenig in die Länge, endigt aber stets in einer scharfen, fast immer etwas getrübbten Spitze.

Ein anderer Theil der Sehzellen, dessen Kornzellen entweder mehr in der Tiefe der Retina, oder aber ebenfalls nahe dem Netzhautrande liegen, entwickelt sich folgendermassen weiter: Der Stiel wächst, unter gleichzeitiger Verdünnung, bedeutend in die Länge; die beiden Kegel verlängern sich ebenfalls beträchtlich; zugleich nehmen sie an Dicke ab, und zwar der proximale Kegel mehr, als der distale. Letzterer wird, mit Ausnahme seines an den Stiel grenzenden Endes, sehr hell, den proximalen erfüllt das dunklere Protoplasma, das ursprünglich ja nur seiner äussersten Spitze angehörte, nunmehr in seiner ganzen Ausdehnung gleichmässig. Es handelt sich dabei, wie jetzt deutlich erkennbar wird, um die Anlage eines Stäbchens, an welchem ebenfalls die 4 Abschnitte: Kornzelle, Stiel, Mittelglied, Endglied zu unterscheiden sind. Bei immer fortschreitendem Längenwachsthum der beiden äusseren Theile, verdunkelt sich dann wieder das ganze Mittelglied gleichmässig, während das Endglied, wenigstens in seinen distalen Parthieen, wieder heller wird, so dass schliesslich zwischen den beiden proximalen Abschnitten des Sehelements eine scharfe Grenze auftritt. Zur Ausbildung einer trennenden Membran an dieser Stelle kommt es aber nur in ganz seltenen Fällen.

Neben den jeweiligen höchstentwickelten Formen finden sich aber auf allen Ausbildungsstufen der Retina noch Sehzellen, die in der Entwicklung weiter zurückstehen. Es werden nemlich, bis in die fortgeschritteneren Stadien hinein, immer wieder neue äussere Körnerzellen in die Sehzellschicht aufgenommen. Diese machen dieselbe Entwicklung durch, differenzieren sich zu niederen, dann hohen Kuppelzellen, weiterhin zugespitzten Kuppeln, oder Kegeln, treten alsdann, je nachdem sie zu Stäbchen oder Zapfen bestimmt sind, mehr in die Tiefe der Netzhaut, oder bleiben in Nähe von deren äusserem Rande. Die Heranziehung von Körnerzellen zur Vergrösserung der Sehzellschicht hört im Augenhintergrund erst auf einer Stufe auf, auf welcher die ältesten Sehzellen bereits deutlich als Stäbchen, resp. Zapfen, zu erkennen sind. Da die Differenzierung der letzt aufgenommenen Körnerzellen aber kein beschleunigtes Tempo anschlägt, so ergibt es sich von selbst, dass sich sogar noch in der Retina des erwachsenen Maulwurfs, neben den, nun naturgemäss zahlreichen, höchstentwickelten Formen, eine ganze Anzahl Sehzellen zeigen muss, die von der Vollendung, soweit beim Maulwurf eben von einer solchen gesprochen werden darf, noch weit entfernt bleiben, während sie andererseits über die Stufe der einfachen Körnerzelle ebenfalls ein gutes Stück hinausgegangen sind.

Ich habe vorhin von dem „Tempo“ gesprochen, in welchem die Ausbildung der Sehzellen vor sich geht. Es scheint mir dieses auch innerhalb derselben Sehzellschicht insofern kein gleichmässiges zu sein, als darin von Zeit zu Zeit Stockungen einzutreten pflegen, ganz ähnlich wie dies für die Ergänzung der Opticusganglienzellen gezeigt wurde. Es ordnet sich zunächst eine Lage von Körnerzellen zu einer Sehzellschicht an, und ihre Elemente entwickeln sich bis zu einem gewissen Grade ziemlich gleichmässig weiter. Dann tritt für die Weiterdifferenzierung eine Pause ein. Während derselben wird die Grundsubstanz der Netzhaut vermehrt, die Sehzellen rücken infolgedessen auseinander, und in die Lücken schieben sich wieder Körnerzellen ein, die dabei dem Netzhautrande näher zu liegen kommen, als die im Verlaufe ihrer ersten Differenzierungsperiode ohnehin etwas in die Tiefe der Schicht gerückten ersten Sehzellen. Dann beginnt eine zweite Periode der Weiterentwicklung, und zwar für sämtliche Sehzellen gleichmässig, so dass also die Elemente der ersten Serie, soweit sie nicht zugrunde gegangen sind, immer einen Vorsprung vor denen der zweiten behalten. Es folgt eine zweite Entwicklungspause, und dieser Vorgang wiederholt sich von Zeit zu Zeit immer wieder.

Auch in der Sehzellschicht schreitet die Entwicklung vom Augenhintergrunde nach dem distalen Augenpole hin fort. Die geschilderten Verhältnisse werden also im Augenhintergrunde zu einer Zeit ihren ersten Anfang nehmen, zu welcher in den weiter gegen den Augenbecherrand hin gelegenen Parthien noch keine Spur davon vorhanden ist. Zu einer Zeit, wo im Augenhintergrunde bereits die ersten Anfänge einer proximalen Auswachsung der Sehzellen vorhanden sind, werden sich in den hievon entfernteren Netzhauttheilen erst die Körnerzellen zu einer geschlossenen äusseren Lage anzuordnen beginnen, u. s. f. Es werden die Theile des Augenhintergrundes also stets vordenen, die dem distalen Augenpole näher liegen, einige Schritte voraus sein. Da nun das Tempo der Sehzellenentwicklung, und auch die Entwicklungspausen für die gesammte Netzhaut augenscheinlich dieselben sind, so wird jenes Verhältniss auch immer mindestens solange bestehen bleiben, als noch ein Hereinziehen von Ersatzelementen in die Sehzellschicht stattfindet. Zur Verwischung des Unterschiedes im Ausbildungsgrade der Sehzellen, also zur Herstellung der Verhältnisse, wie wir sie in der fertigen Netzhaut anderer Säugethiere finden, würde dann ein gewisser Zeitraum erforderlich sein, währenddessen die noch zurückgebliebenen Sehelemente in ihrer Ausbildung die fertigen, nicht weiter

entwicklungsfähigen, einzuholen vermöchten. In eine solche Periode des theilweisen Stillstandes ist nun die Sehzellschicht des erwachsenen Maulwurfs in vielen Fällen entschieden eingetreten. Es geht dies daraus hervor, dass dieselbe, und zwar nicht bloß im Augenhintergrunde, sondern auch in den der Iris am nächsten gelegenen, also vom Augenhintergrunde am weitesten entfernten, Retinaparthieen niemals Sehzellen aufweist, die noch auf dem Standpunkte der unveränderten Körnerzellen stehen. Stets sind dieselben vielmehr, wenigstens um ein paar Grade, wenn ich mich so ausdrücken darf, über diese Stufe hinaus entwickelt. Da aber die Differenzierung der Körnerzellen zu Sehzellen, auch in den Netzhäuten augenscheinlich verhältnissmässig alter Maulwürfe, oft eben nur wenig fortgeschritten, und andererseits auch im Augenhintergrunde die Verschiedenheit im Ausbildungsgrade der Sehzellen noch immer sehr gross ist, so kann der definitive Abschluss einer Rekrutierung der Sehzellen aus der Reihe der Körnerzellen zeitlich noch nicht weit zurückliegen. Die Sehzellschicht des erwachsenen Maulwurfs müsste sich daher, um auf den Standpunkt, den normale Säugeraugen bei, oder doch bald nach der Geburt zeigen, zu kommen, noch relativ lange Zeit weiter entwickeln.

Das Alter der Maulwürfe, deren Augen ich untersucht habe, war mir nun selbstverständlich nicht bekannt, doch ist nicht anzunehmen, dass unter den vielen Exemplaren, deren Netzhäute mir vorgelegen haben, nur jüngere Thiere gewesen sein sollten. Bei einigen liessen Grösse, vor Allem der Zustand der Zähne, und andere Merkmale entschieden auf ein verhältnissmässig hohes Alter schliessen. Bei keinem nun fand sich die Sehzellschicht weiter ausgebildet, als ich es für die, weil am häufigsten vorkommend, als typisch angenommene Retina geschildert habe (cfr. den Fall A in der Beschreibung der ausgebildeten Netzhaut). Ich glaube deshalb nicht fehlzugehen, wenn ich annehme, dass beim Maulwurf in der Ausbildung der Sehzellschicht bei, oder bald nach der Geburt eine Hemmung eingetreten ist und zwar in den meisten Fällen auf einer Stufe, auf welcher in normalen Augen die gleichmässige Ausbildung dieser Netzhautschicht eben erst begonnen zu haben pflegt.

Es ist dabei freilich vorausgesetzt, dass die frühe Entwicklung der Sehzellschicht auch im normalen Säugerauge in einer Weise vor sich geht, die der für's Maulwurfsauge beschriebenen in den hier in Betracht kommenden Punkten wenigstens ähnlich ist. Dieser Annahme widerstreitet nun aber meines Wissens keine der, im Detail ja oft so weit auseinandergehenden, Theorien über die Entstehung dieser Schicht. Ob man die Sehelemente als Exsudate der Kornzellen, oder gar der Körner, auffasst, ob man einen Theil von ihnen aus dem Pigmentepithel abstammen lässt, macht hier keinen Unterschied. Die Hauptsache ist, dass die äusseren Körnerzellen zur Entstehung der Sehzellen wesentlich sind, und dass diese Entstehung nicht für alle Sehzellen auf einmal, sondern in verschiedenen, zeitlich getrennten Abschnitten erfolgt.

Die erste Anlage von Sehzellen findet sich bei Talpa im Grossen und Ganzen stets auf derselben Embryonalstufe. Da man nun nicht selten bei erwachsenen Thieren, und zwar auch bei in jeder anderen Beziehung vollkommen ausgebildeten, augenscheinlich älteren Exemplaren, Netzhäute antrifft, deren Sehzellschicht hinter dem gewöhnlichen Ausbildungsgrade erheblich zurückbleibt (cfr. Fall C), so ergiebt sich hieraus die Wahrscheinlichkeit, dass, aus unbekannten Gründen, gelegentlich die Entwicklung der Schicht langsamer von Statten geht, die Sehzellen beim Eintritt der Hemmung also auf einer viel niedrigeren Entwicklungsstufe stehen, als gewöhnlich.

Schon in sehr früher Zeit haben sich die, sonst noch kaum als solche erkennbaren Sehzellen auch an ihrem distalen Pole zunächst zugespitzt, und dann allmählich in einen feinen Faden ausgezogen.

Dieser tritt bei den am weitesten in der Entwicklung fortgeschrittenen Sehzellen mit einer der äusseren Ganglienzellen in Verbindung. Es scheint dies in derselben Weise bewerkstelligt zu werden, wie der obengeschilderte Zusammenhang zwischen inneren und Opticusganglienzellen. Auch hier dürften wohl viele Sehzellen und äusseren Ganglienzellen nicht in der Lage sein, die Verbindung zu Stande zu bringen, in Folge dessen zerfallen und zur Vermehrung der protoplasmatischen Grundsubstanz und damit zum Wachsthum der Retina beitragen.

Einen solchen Zusammenhang stellen indessen nur, wie gesagt, die höchstentwickelten Sehzellen her, also diejenigen, deren Kornzellen am tiefsten in der Netzhaut, somit den äusseren Ganglienzellen am nächsten liegen. Alle weniger ausgebildeten, von den letzteren mehr entfernten Sehzellen, deren distaler Faden sich ja auch erst später entwickelt, setzen sich durch diesen nicht mit einer äusseren Ganglienzelle direkt, sondern mit einer Zwischenganglienzelle in Verbindung, und erst diese tritt durch ihrerseits ausgebildeten, distalen Hauptfortsatz in der öfters geschilderten Weise in Zusammenhang mit einer äusseren Ganglienzelle. Die Verbindung der genannten zelligen Elemente, sei sie nun auf die eine, oder auf die andere Weise bewirkt, bleibt aber immer in der Form, in welcher sie einmal aufgetreten ist, erhalten. Es wird also eine Sehzelle, die mit einer äusseren Ganglienzelle in Connex getreten ist, solange sie überhaupt besteht, niemals eine Zwischenganglienzelle in diese Leitung sich einreihen lassen, und andererseits giebt eine Sehzelle, die sich zur Herstellung ihres Zusammenhanges einer Zwischenganglienzelle bediente, unter keinen Umständen diese Vermittlung zu Gunsten direkter Verbindung auf.

Wie kommt es nun aber, dass die Sehzellen auf verschiedene Weise ihren Zusammenhang mit den äusseren Ganglienzellen bewirken? Zur Beantwortung dieser Frage ist vor Allem zu bedenken, dass die Sehzellen mit unmittelbarer Verbindung einmal sicher die allerältesten der ganzen Netzhaut, zweitens stets verhältnissmässig wenig zahlreich sind, und endlich, dass das Vorkommen dieses direkten Zusammenhanges mit zunehmender Entwicklung der Netzhaut allmählich seltener wird und beim erwachsenen Thiere, auch wenn jene, in der Sehzellschicht am deutlichsten zum Ausdruck kommende, aber ohne Zweifel für die gesammte Netzhaut anzunehmende Hemmung noch so früh eingetreten, niemals mehr anzutreffen ist. Zu der Zeit, wo es noch keine Zwischenganglienzellen gab, waren die Kornzellen von den äusseren Ganglienzellen nur wenig entfernt. Die Distalfortsätze der ersteren, die ja auch hier zur Herstellung eines Zusammenhanges lediglich auf eine zufällige Begegnung mit Proximalausläufern der letzteren angewiesen waren, hatten also noch verhältnissmässig viel Aussicht, diesen Zweck zu erreichen. In höher ausgebildeten Netzhäuten nun gewinnt zwar die äussere Körnerschicht als solche zunächst keineswegs eine grössere Mächtigkeit; da aber, wie allenthalben in der Retina, so auch hier, mit fortschreitender Entwicklung die zelligen Elemente an Grösse bedeutend abnehmen, wird trotzdem die Entfernung zwischen Sehzelle und äusserer Ganglienzelle, also der Raum, in welchem die Begegnung der beiderseitigen Fortsätze stattzufinden hat, relativ viel breiter und die Chancen der Ausläufer, sich zu treffen, daher viel geringer. Um diesem Uebelstande abzuhelpen, entwickelt sich nun eine Anzahl Körnerzellen zu Zwischenganglienzellen, die den Sehzellen näher liegen, mit denselben also viel leichter in Verbindung treten können. Ich glaube, dass von dem Momente an, wo diese Ganglienzellen in Funktion getreten sind, ein direkter Zusammenhang zwischen Sehzellen und äusseren Ganglienzellen nicht mehr neu hergestellt wird. Die, ohnehin nicht zahlreichen, ältesten Sehzellanlagen und zugehörigen äusseren Ganglienzellen bleiben in der Verbindung, die sie nun einmal

besitzen, vorläufig erhalten; im Laufe der Weiterentwicklung gehen sie dann allmählich zu Grunde, so dass bei den höchsten Embryonalstadien nur noch wenige übrig geblieben sind, während die Retina des erwachsenen Thieres gar keine mehr zeigt. Sollte indessen auch nach erfolgter Ausbildung der Zwischenganglienzelle noch jene direkte Verbindung neu eingegangen werden, was allerdings unter allen Umständen nur in ganz geringem Umfange der Fall sein könnte, so wäre die Erscheinung jedenfalls auf die höchstentwickelten Sehzellen beschränkt, deren Kornzellen ohnehin stets relativ sehr weit in der Tiefe der äusseren Körnerschicht liegen, also nach dem oben Gesagten einer Vermittlung weniger bedürfen.

Man könnte als Beweis gegen die Hypothese, die ich über die Verbindung zwischen Sehzelle und äusserer Ganglienzelle aufgestellt habe, das Beispiel des Zusammenhanges von Opticusganglienzelle mit innerer Ganglienzelle heranziehen wollen, wo ja die Entfernung der beiden zu verbindenden Elemente eine ungleich grössere ist. Es unterliegt nun keinem Zweifel, dass hier vor Allem von Seiten der Opticusganglienzellen viel mehr Ausläufer nutzlos ausgesandt werden, d. h. keinen entgegenkommenden finden, mit dem sie sich vereinigen könnten. Es bestehen jedoch zwei Veranlassungen, die geeignet sind, diesem Uebelstande abzuhelpen. Einmal sendet ja eine Opticusganglienzelle meist nicht bloss einen, sondern mehrere Ausläufer der Reihe nach proximalwärts, um die Verbindung herzustellen, und zweitens ist der Nachschub an Reservezellen für die Opticusganglienschicht ein ganz gewaltiger. Wenn auch, was ja sehr häufig vorkommen wird, eine Opticusganglienzelle mit keinem ihrer Proximalfortsätze den Distalfortsatz einer inneren Ganglienzelle getroffen hat, die Opticusganglienzelle also zu Grunde gehen wird, so ist für sie sofort eine Ersatzzelle vorhanden, die ihrerseits wieder proximale Ausläufer entwickelt, von denen nun doch wohl einer die erwünschte Verbindung einzugehen im Stande sein dürfte.

Die Zellen der einzelnen Lagen vermehren sich nun aber nicht in demselben Grade. Die Sehzellen z. B., welche zur Zeit des ersten Auftretens von Zwischenganglienzellen an Zahl diesen etwa gleich kommen, (die wenigen, mit den äusseren Ganglienzellen direkt verbundenen können hier ausser Betracht bleiben), und von welchen deshalb eine nur mit einer der letzteren in Zusammenhang getreten war, vermehren sich rascher, als die Ganglienzellen. Die Folge davon wird sein, dass eine Zwischenganglienzelle gelegentlich die Fortsätze mehrerer Kornzellen auf sich vereinigt. Aus demselben Grunde entsteht dann zuweilen ein Zusammenhang mehrerer Zwischenganglienzellen mit einer einzigen äusseren Ganglienzelle und, freilich nur sehr selten, die Verbindung einer Opticusganglienzelle mit zwei, vielleicht auch noch mehr inneren.

Wie bei Beschreibung des erwachsenen Maulwurfs gezeigt wurde, findet sich im Gebiet der äusseren Körnerschicht hier in die nervöse Leitung (Sehzelle-Zwischenganglienzelle-äussere Ganglienzelle) noch eine weitere ganglienartige Zelle eingeschoben. Es ist mir nun leider nicht möglich, anzugeben, wie diese Einschiebung zustande kommt. Die grössten Embryonen (32—34 mm Länge, also unmittelbar vor der Geburt stehend), die ich untersucht habe, zeigen davon keine Spur; neugeborene Thiere konnte ich leider keine erlangen und in den Netzhäuten der erwachsenen ist sie ausnahmslos vollendet. Dass es sich dabei um eine Wiederholung des bei Aufnahme der Zwischenganglienzelle in die vorher nur direkte Leitung stattfindenden Vorganges handeln sollte, erscheint mir ausgeschlossen. Die Sehzellen sind auf den höchsten Embryonalstufen so zahlreich und zum grössten Theile so hoch entwickelt, dass man unmöglich annehmen kann, dass sie alle in der

verhältnissmässig kurzen Spanne Zeit, die zwischen dem Standpunkt des ältesten Embryo und dem des erwachsenen Thieres liegen kann, vollständig, und zwar spurlos, zu Grunde gegangen sein sollten, um neuen Sehzellen Platz zu machen, welche von vornherein die neue Leitungsart (Sehzelle — eingeschobene Ganglienzelle — Zwischenganglienzelle — äussere Ganglienzelle) zeigen würden, von denen aber bei den höchstentwickelten Embryonen noch nicht einmal die Anfänge vorhanden sind. Es muss also wohl an der Annahme festgehalten werden, dass die neuerdings auftretenden Elemente sich in die bereits fertige Leitung zwischen Sehzelle und Zwischenganglienzelle eingeschoben haben.

Aber auch über den Zweck dieser Einrichtung lassen sich nur Vermuthungen aussprechen. Die äussere Körnerschicht hat sich bedeutend verstärkt, und die Distanz zwischen Kornzelle und Zwischenganglienzelle ist viel grösser, eine Verlängerung des Nervenfadens zwischen diesen Zellen daher nothwendig geworden. Da nun die Elemente der äusseren Körnerschicht verhältnissmässig dicht gedrängt liegen, so wäre Gefahr vorhanden, dass der leitende Nervenfaden mit anderen zelligen Elementen in zu nahe Berührung kommen, und dadurch eine Störung in der Leitung herbeigeführt werden könnte. Die eingeschobene Ganglienzelle würde also die Rolle einer Zwischenstation spielen, dazu bestimmt, die unzweckmässige allzu grosse Länge des Leitungsfadens zu vermindern. Der Faden, der sich zwischen Opticusganglienzelle und innerer Ganglienzelle ausspannt, ist nun freilich noch länger, zieht sich aber durch die verhältnissmässig zellenarme Granulosa interna hin, in welcher die angedeutete Gefahr viel geringer ist.

Eine andere Erklärung wäre die folgende: Die äussere Körnerschicht hat stark an Mächtigkeit zugenommen. Kornzellen und äussere Ganglienzellen besitzen nun aber nicht mehr so viel Material, dass sie die nöthig gewordene Verlängerung der zwischen ihnen ausgespannten Leitung liefern könnten. Es droht daher eine Zerreissung des Fadens und damit eine Unterbrechung der Leitung. Um diess zu verhüten, wurde eine weitere Zelle eingeschoben, die einerseits selbst ein, der Länge ihrer grossen Achse entsprechendes, sonst durch einen Nervenfaden zu bestreitendes Stück der Leitung ersetzt, andererseits mit ihrem reichlichen Material eine etwa nöthige weitere Verlängerung des Fadens selbst ermöglicht. Welche der beiden Erklärungen die richtige ist, ob vielleicht beide Momente zusammenwirken, oder ob auch das unleugbare Vorhandensein der eingeschobenen Ganglienzellen auf noch andere, mir zur Zeit unauffindbare Gründe zurückzuführen ist, vermag ich, wie gesagt, nicht zu entscheiden; ich muss mich begnügen, in dieser Hinsicht eben meine Vermuthungen auszusprechen.

Es hat sich also eine Nervenleitung hergestellt, einerseits von den inneren Ganglienzellen nach den Opticusfasern, und andererseits von den Sehzellen bis zu den äusseren Ganglienzellen. Diese beiden Leitungen sind schliesslich ununterbrochene, d. h. durch direkten und innigen Zusammenhang von Zellen und Fasern hergestellte, geworden. Es läge nun die Annahme nahe, dass auch die letzte in der direkten Leitung von der Sehzelle bis zu den Opticusfasern noch offene Strecke, die Lücke zwischen äusseren und inneren Ganglienzellen, sich in derselben Weise, d. h. durch unmittelbare Verbindung dieser beiden Ganglienlagen, schliessen werde.

Dem ist aber nicht so.

Die inneren Ganglienzellen, ebenso wie die, kurz nach ihnen entstandenen, äusseren, schicken zunächst nach allen Seiten ganz kurze, zarte Ausläufer. Was bei den inneren Ganglienzellen aus den distalen, bei den äusseren aus den proximalen Fortsätzen sich allmählich entwickelt, wurde bereits

gezeigt. Ebenso wurde schon erwähnt, dass die lateralen, die ja niemals bedeutend waren, bei beiden Zellarten sehr bald wieder verschwinden. Diejenigen Ausläufer, welche die beiden Ganglienschichten gegeneinander aussenden, wachsen langsam, aber stetig, immermehr in die Länge. Es kommen darunter grössere und kleinere vor, ohne dass man jedoch einzelne besonders bevorzugte Hauptausläufer unterscheiden könnte. Von beiden Seiten unter leichter Verästelung etwa im selben Tempo einander entgegenwachsend, müssen sich die Ausläufer ungefähr in der Mitte der inneren Körnerschicht begegnen, und dies ist auch thatsächlich bei älteren Embryonen in einzelnen, bei der Retina des ausgebildeten Maulwurfs in vielen Fällen nachzuweisen. Bei der grossen Menge dieser Fortsätze muss es dann oft zu einer Berührung der beiderseits ausgesandten kommen, und eine solche lässt sich beim erwachsenen Thiere auch in der That zuweilen konstatieren. Ganz sicher ist aber, dass dabei niemals eine Verschmelzung der aneinander angelegten Fädchen stattfindet. Ebenso wenig verwachsen die Ausläufer verschiedener Zellen derselben Ganglienschicht mit einander. Ob die feinen Ausläufer einer Ganglienzelle der einen Schicht immer nur mit den entsprechenden einer einzigen Zelle der anderen in Contact kommen, oder ob eine Ganglienzelle der einen Lage auf diese Weise zu mehreren Elementen der anderen zugleich in Beziehung tritt — darüber Gewissheit zu erlangen, war mir nicht möglich. Wenn man aber bedenkt, in wie feine Aestchen sich die beiderseitigen Ausläufer auflösen, und auf einen wie grossen Raum sich dieselben schliesslich ausbreiten, so ist es schwer, an die erstere Möglichkeit zu glauben. Viel näher liegt die Annahme, dass die Endausläufer einer Zelle der einen Lage mit Ausläufern in Berührung gerathen, die einer ganzen Anzahl von Elementen der gegenüberliegenden Ganglienschicht angehören. Aus demselben Grunde dürfte auch wohl ein gegenseitiger Contact zwischen Ausläufern verschiedener Zellen derselben Ganglienschicht kaum zu bestreiten sein, wenn ich freilich auch diesen niemals habe nachweisen können.

Aus dem Gesagten ergibt sich nun zunächst, dass die von den beiden Ganglienschichten der inneren Körnerschicht gegeneinander ausgesandten Fortsätze nicht miteinander verwachsen, dass also keine direkte Verbindung zwischen den beiden Zellenlagen zustande kommt. Die nervöse Leitung kann im Gebiete der inneren Körnerschicht also nur auf zweierlei Weise erklärt werden. Entweder legt man der Thatsache des Contactes zwischen den beiderseitigen Nervenfasern keine Bedeutung bei und nimmt an, dass die Grundsubstanz der Schicht die Leitung vermittelt, oder aber man lässt diese durch den Contact hergestellt sein.

Ich möchte mich für die letztere Eventualität entscheiden, da durch diese der einheitliche Charakter der gesamten nervösen Leitung immer noch eher gewahrt erscheint, als wenn man für die Fortpflanzung eines Reizes ein ganz neues Medium (die protoplasmatische Zwischensubstanz) in Rechnung zu ziehen gezwungen ist. Die Leitung erfolgt so von der Sehzelle bis zur Opticusfaser durch Ganglienzellen und deren Ausläufer. Dass im Gebiete der inneren Körnerschicht an Stelle der direkten Verbindung von Fortsätzen der Contact solcher tritt, scheint mir keinen prinzipiellen Unterschied zu begründen. Ich erinnere nur daran, dass ja die Leitung zwischen Opticusganglienzelle und innerer Ganglienzelle, und andererseits zwischen äusserer Ganglienzelle und Kornzelle auch in der Art entstanden ist, dass die gegenseitigen Ausläufer sich aneinander gelegt haben, also, wenigstens kurze Zeit, ebenfalls im „Contact“ gewesen und erst später verschmolzen sind.

Der äussere Rand der Netzhaut wird auf den frühesten Entwicklungsstufen zwischen den Körner- resp. Sehzellen lediglich durch die Grenze des Grundprotoplasma, an welcher dieses jedoch durch

nichts von seinen tiefer liegenden Theilen unterschieden ist, gebildet. Dieselbe verläuft anfangs sehr unregelmässig, stark gewellt, glättet sich aber allmählich immer mehr. Es tritt dann in diesen Grenzparthieen eine starke Verdichtung des Protoplasma ein, die in den Schnittpraeparaten ihren Ausdruck bald in einer scharf ausgeprägten Linie findet. Später hebt sich innerhalb dieser eine schmale, hellere Randschicht ab, die immer feineres Protoplasma gewinnt und sich dadurch immer deutlicher gegen die stark verdichteten, angrenzenden Theile der Grundsubstanz absetzt. An dieser Randschicht entwickelt sich darauf zunächst eine scharfe äussere, und bald auch eine innere Conthur, welch' letztere anfangs noch ziemlich zart ist, bald aber ebenfalls an Bestimmtheit mehr und mehr gewinnt. Die Verdichtung in den angrenzenden Parthieen der Grundsubstanz verliert sich allmählich. Es ist auf diese Weise zur Bildung einer äusseren Grenzmembran, einer *Membrana limitans externa*, gekommen, und zwar lediglich aus der protoplasmatischen Grundsubstanz der Retina heraus, vor allem also ohne jede Betheiligung der Stützfasern.

Werfen wir nun einen kurzen Rückblick auf die Entwicklung der nervösen Netzhautschichten, so tritt uns zuerst eine Körnerschicht entgegen. Aus dieser bildet sich dann am äusseren Rande die Sehzellschicht, und kurz darauf am inneren die innere Ganglienschicht. Aus Körnerzellen, welche derselben Ursprungsschicht entstammen, entstehen alsdann die Opticusganglienzellen mit den Opticusfasern, und weiterhin immer wieder die zum Ersatz nöthigen Reserveganglienzellen. Ebenfalls aus Körnerzellen gehen nun die äusseren Ganglienzellen hervor, und es kommt damit zur Trennung in äussere und innere Körnerschicht. Während einer Entwicklungspause entsteht, vom Umkreise des Optikus her, die *Granulosa interna*. Es entwickeln sich ferner aus Körnern der äusseren Körnerschicht die Zwischenganglienzellen und schliesslich die eingeschobenen Ganglienzellen. Kurz vor Entstehung der letzteren ist aus einem System von Spalträumen zwischen äusserer und innerer Körnerschicht die *Granulosa externa* entstanden. Die protoplasmatische Grundsubstanz besteht zunächst aus dem Material zerfallener Körnerzellen und wohl auch Stützzellen, sowie Stützfasern; zu ihrer Vermehrung tragen im Verlaufe der Weiterentwicklung der Retina Zellen sämtlicher in derselben vorkommender Arten durch Zerfall bei. Die *Limitans externa* entwickelt sich aus der Grundsubstanz.

Es ist also eine einzige Mutterschicht, gebildet aus ursprünglich ganz gleichartigen Zellen, aus der sämtliche andere nervösen Netzhautschichten ihren Ursprung nehmen, und die im Laufe der ganzen Ausbildung der Retina ohne Ausnahme sämtliches, zur weiteren Differenzierung, wie zum Grössenwachsthum dieser Schichten nothwendige Material allein liefert. Die gesammte ectodermale Retina, einschliesslich des Sehnerven, ist das Produkt einer Weiterentwicklung der Körnerschicht.

B) Die bindegewebigen Elemente.

Bei Beschreibung der niedrigsten Entwicklungsstufen der Maulwurfsretina wurde bereits des Näheren gezeigt, dass die Netzhaut nicht, wie neuerdings vielfach behauptet wird, überhaupt keine mesodermalen Elemente (dauernd) besitzt, sondern, dass im Gegentheil das ganze Stützsystem sich aus Bindegewebszellen resp. -Fasern aufbaut.

Das Material dazu liefern, wie hier kurz wiederholt sein mag, die Bindegewebszüge, welche auf drei verschiedenen Wegen zunächst in das Innere des Augenbechers, also den Raum des späteren Glaskörpers, eindringen. Es wurde nämlich erstens mesodermales Gewebe, durch die sich bildende

Linsenblase hereingedrängt, zweitens sind Bindegewebstheile zwischen der Linsenanlage und den Rändern des Augenbeckers in diesen hineingedrungen, und endlich ist Bindegewebe durch die, kurz nach Bildung der sekundären Augenblase entstandene, foetale Augenspalte eingewandert.

In erster Linie kommt für die Retina jenes Mesodermgewebe in Betracht, welches über die Augenbecherränder hinweg seinen Weg genommen hat. Diese Züge, Zellen und Fasern, breiten sich, sobald sie den Becherhohlraum erreicht haben, weit aus. In der Hauptsache legen sie sich aber, vom Augenbecherrande gegen den Augenhintergrund vorschreitend, an die Retina (die auf dieser Stufe lediglich aus den Elementen des eingestülpten, distalen Theiles der früheren primären Augenblase, also ausschliesslich aus ectodermalen Zellen, sich aufbaut) dicht an und beginnen sofort in diese einzudringen. Im Gegensatz zu den nervösen Bestandtheilen der Retina, bei denen, wie gezeigt wurde, alle und jede Entwicklung vom Augenhintergrunde ausgeht, treten die bindegewebigen Bestandtheile stets in den Netzhauttheilen des vorderen Augenpoles zuerst auf, von wo aus sie dann auf die Parthieen des Augenhintergrundes allmählich sich ausdehnen. Mit Entstehung der foetalen Augenspalte kommen nun weitere Bindegewebsmassen ins Augeninnere hinein; sie vermischen sich mit den mesodermalen Elementen, die sie dort schon antreffen und tragen so auch ihrerseits zur Vermehrung des für die Netzhaut bestimmten bindegewebigen Materials bei.

Die Bindegewebszüge dringen in der, früher rein ectodermalen, Retina immer weiter und erreichen bald die Nähe des *margo limitans externus*. Sie schlagen dabei aber keineswegs immer den nächsten Weg ein, durchziehen die Netzhaut vielmehr in jeder möglichen Richtung.

In dieser Zeit fehlt jede scharfe Grenze der Retina gegen den ebenfalls aus Bindegewebsmassen gebildeten Glaskörper hin. Bald aber beginnt sich nun eine Trennung zwischen dem der Retina angehörigen Bindegewebe und dem des Glaskörpers zu vollziehen. Zunächst, wie immer, in den Parthieen des Augenbecherrandes, findet, wenig distalwärts von der inneren Grenze der früher rein nervösen Netzhaut, zum Theil durch direkte Zerreissung, eine Loslösung der Bindegewebsfasern von den Massen des Glaskörpers statt, mit welchen sie bis dahin im Zusammenhange gewesen waren. Die auf diese Weise freigewordenen, distalen Enden der Bindegewebsfasern bilden nun ein flächenhaft ausgebreitetes, zunächst ganz lockeres Flechtwerk, das aber immerhin eine deutliche Grenze zwischen den Gewebsmassen des Glaskörperraumes und dem Bindegewebe der Retina abgiebt. Es dauert freilich geraume Zeit, bis die erwähnte Trennung strenge durchgeführt ist, denn noch lange, nachdem jene Grenze sich zu bilden begonnen hat, wird sie von Faserzügen durchsetzt, die einen unmittelbaren Zusammenhang ihrer vitrealen Theile mit den retinalen aufrecht erhalten haben. Erst allmählich verschwinden dieselben, in der Hauptsache dadurch, dass sich auch hinsichtlich ihrer jener Process der Loslösung geltend macht, und die distalen Faserenden ihres retinalen Theiles verschlingen sich dann ebenfalls mit dem erwähnten Netzwerk.

Letzteres wird im Laufe der Entwicklung immer dichter und fester. Seine Bestandtheile werden immer enger zusammengedrängt, und schliesslich verschmelzen sie vollständig miteinander. Diese Grenzschicht macht dann den Eindruck einer aus hellem, feinem Protoplasma gebildeten Haut, die im Innern noch vielfach Spuren von Fasern zeigt. Auch diese verschwinden dann mehr und mehr, und das Gebilde wird zur vollkommenen Membran: der *Membrana limitans interna*.

Es ist also nicht ganz richtig, zu sagen, dass die innere Grenzmembran der Netzhaut aus dem Glaskörper sich bilde. Sie entsteht vielmehr aus den Bindegewebszügen, welche auf frühen Entwicklungs-

stufen dem Glaskörper mit der Netzhaut gemeinsam waren; ihre erste Anlage bildet den Ausdruck der sich vollziehenden Trennung zwischen vitrealem und retinalem Bindegewebe.

Auf der Stufe, wo die spätere *limitans interna* begonnen hat, in der erwähnten Weise sich als Netzwerk anzulegen, haben sich die nervösen Zellen der Retina mehr nach dem äusseren Rande derselben hingezogen. Der an das Netzwerk angrenzende, rein bindegewebige Theil der Retina, der bisher nur ganz schmal war, ist in Folge dessen sehr breit geworden und mag nun als Bindegewebsfaserschicht bezeichnet werden. Der Zusammenhang dieser Schicht mit den vitrealen Gewebsmassen ist Anfangs noch zum grossen Theile aufrecht erhalten geblieben, da ja jene netzartige Grenzschrift einerseits den Retinaparthieen des Augenhintergrundes noch vollständig fehlt, und andererseits auch da, wo das Flechtwerk vorhanden ist, durch seine weiten Maschen verbindende Gewebzüge noch ungehindert durchdringen. Es kann in Folge dessen vom Glaskörper aus Anfangs noch Nachschub von Bindegewebe in die Retina hinein stattfinden, und dieser dient in erster Linie zur Verstärkung der Bindegewebsfaserschicht.

Die Züge, welche die Retina durchwachsen haben, nehmen allmählich einen immer gestreckteren Verlauf an. Ursprünglich war von eigentlichen Stützfasern ja nicht die Rede. Es handelte sich vielmehr lediglich um Zellen mit mehr, oder weniger langen Ausläufern, die, in jeder Richtung sich durch die ganze Netzhaut verbreitete. Die lange Achse dieser Bindegewebszellen nahm nun allmählich eine zur Retinafläche mehr und mehr senkrechte Richtung an. In Folge dessen begannen dann auch die Hauptausläufer der Zellen die Netzhaut immer mehr in radiärer Richtung zu durchziehen, während die horizontal verlaufenden Bindegewebsfibrillen, und wohl auch eine Menge Zellen mit ihren Kernen, zu Grunde giengen und die protoplasmatische Zwischensubstanz vermehren halfen.

Die regelmässiger verlaufenden Bindegewebszellen vergrösserten ihre Ausläufer nun immer mehr und es entstanden hieraus bald wirkliche, feste Fasern, die sich aber immer noch deutlich als einfache Auswachsungen von Zellen darstellten. Nun beginnen jedoch die letzteren sich gegen die Fasern allmählich abzuschnüren, es bildet sich eine parallel zur langen Zellachse verlaufende Scheidewand zwischen beiden, und die Stützzelle, die vorher eine einfache, kernhaltige Erweiterung der Faser bildete, scheint jetzt der letzteren nur mehr dicht angelagert, mit ihr gleichsam verklebt zu sein.

Die distalen Enden der Fasern sind im Zusammenhang mit dem Flechtwerk des inneren Retinandes geblieben. Anfangs lässt sich ihre Betheiligung am Aufbau des Netzes in vielen Fällen noch deutlich nachweisen, mit zunehmender Verdichtung des letzteren verliert sich aber dann die Möglichkeit, zu unterscheiden, von welcher speziellen Fibrille des Filzwerkes die betreffende Stützfaser die Fortsetzung bildet: sie geht dann eben einfach aus diesem im Ganzen hervor. Auch nach Ausbildung der *limitans interna* stellen sich die Stützfasern zunächst immer noch als eine Art Anhängsel dieser Membran dar, mit deren Substanz sie in ungetrenntem Zusammenhang stehen. Bald jedoch schnürt sich die Membran von ihnen ab, und es entsteht dann eine scharfe Trennungslinie zwischen den beiden Gewebstheilen. Endlich treibt sich dann der Theil der Stützfaser, der der Membran jetzt nur mehr angeklebt erscheint, allmählich zu jener als „dreieckiges Füsschen“ bekannten, kegelförmigen Erweiterung auf.

Entsprechend ihrer Natur als stark verlängerte Poltheile von Bindegewebszellen senden die Stützfasern Anfangs in ihrem ganzen Verlaufe nach allen Seiten Aeste aus. Dieselben verlieren sich

auch niemals gänzlich, es giebt, mit Ausnahme der Sehzellschicht, wohl keinen Theil der Retina, in dem sich nicht wenigstens Spuren von Verzweigungen der Müller'schen Fasern nachweisen liessen. Ein hoher Grad von Verästelung, der im Verlauf der Retinaentwicklung nicht ab-, sondern vielmehr bedeutend zunimmt, findet sich aber nur in der Gegend der äusseren Grenze der inneren, resp. der inneren Grenze der äusseren Körnerschicht, da also, wo sich bei den höchsten Embryonalstadien die erste Andeutung der Granulosa externa zeigt. Zum Aufbau dieser Schicht tragen die Verzweigungen der Müller'schen Fasern in ganz hervorragender Weise bei. Sie lösen sich in ungemein feine Verästelungen auf, die vielleicht sogar, wenigstens scheint es mir in einigen Fällen so, mit einander anastomosiren. Sollte letzteres aber auch nicht der Fall sein, so ist jedenfalls sicher, dass sie ein sehr engverflochtenes Netzwerk durch die ganze Granulosa externa hindurch bilden, dessen Maschen von der protoplasmatischen Grundsubstanz der Schicht ausgefüllt werden. Diese ist aber selbst wieder gelegentlich zu einer Art feinen Netzwerkes angeordnet. Ich möchte indessen die letztere Erscheinung ebenfalls auf Verzweigungen von Müller'schen Fasern zurückführen, die zerfallen sind, deren Auflösung aber noch nicht soweit fortgeschritten ist, dass jede Spur ihres früheren Verlaufes bereits verwischt wäre. Die protoplasmatische Grundsubstanz wird wahrscheinlich in erster Linie von dem Material zerfallener Stützfaseru und weiterhin einzelner Stützzellen gebildet. Es mögen jedoch auch zu Grunde gegangene nervöse Zellen der benachbarten Netzhautschichten bis zu einem gewissen Grade ihren Theil beigetragen haben.

In der Sehzellschicht findet, wie gesagt, von dem Momente an, wo von einer solchen überhaupt gesprochen werden kann, absolut keine Abgabe von Aesten seitens der Stützfaseru mehr statt. Eine Bildung der Membrana limitans externa, oder auch nur eine Verstärkung derselben, durch Theile der Müller'schen Fasern ist absolut ausgeschlossen.

Die Fasern selbst lassen sich schon auf frühen Entwicklungsstufen über den Margo limitans externus hinaus in den Raum hinein verfolgen, der sich zwischen Retina und Pigmentepithel ausdehnt. Später wachsen sie immer weiter auf letztere Haut zu und verlieren sich bald in den Pigmentmassen derselben. Sie dringen, unter Benützung der Zwischenräume zwischen den Zellen des Pigmentepithels, durch diese Schicht durch und vereinigen sich mit dem, proximal von letzterer sich ausbreitenden Bindegewebe, sei es, dass sie in einer besonders differenzirten Zwischenmembran aufgehen, sei es, dass sie einfach in die innersten Theile der Chorioidea eintreten (cfr. Chorioidea).

Das geschilderte Verhalten der Müller'schen Fasern in ihrem proximalen Verlauf liess sich allerdings nur in sehr seltenen Fällen seiner ganzen Ausdehnung nach ununterbrochen nachweisen. Meist waren auch hier wieder die Stützfaseru in dem Raum zwischen Retina und Pigmentepithel abgerissen, eine Folge des durch ungleichmässige Schrumpfung der Präparate herbeigeführten Zurückweichens der ersteren von letzterem. Bei allen fortgeschritteneren Stadien waren aber dann die Stücke der Fasern, einerseits zwischen den Sehelementen, über die sie meist etwas herausragten, und dann wieder am Pigmentepithel, wo sie sich von den unpigmentirten Fortsätzen der Zellen durch ihre scharfe Conthurirung aufs Deutlichste unterscheiden, sehr leicht nachweisbar. Dass die beiderseitigen Stücke in der That zu einander gehören, lehrte dann die Vergleichung mit einzelnen Stellen, wo ihr Zusammenhang nicht unterbrochen worden war.

Es tritt also auch im Maulwurfsauge das sich zwischen zwei Rahmen ausspannende Stütznetz auf, das alle nervösen Theile der Retina durchzieht. Als Rahmen funktionieren die

Membrana limitans interna, weiterhin im Iristheile die aus Vereinigung der genannten Membran mit der Membrana hyaloidea gebildete. Diese schlägt sich über den freien Irisrand hinüber und tritt dort wahrscheinlich in Verbindung mit der Zwischenmembran, jedenfalls wenigstens mit den innersten Lagen der Chorioidea, die den äusseren Theil des Rahmens bilden. Das sich dazwischen ausspannende Stütznetz wird durch die Müller'schen Fasern gebildet, die durch ihre Verzweigungen, besonders im Gebiete der Granulosa externa, die festigende Wirkung der Anlage noch erhöhen.

Zu einer Zeit, wo die limitans interna bereits eine ununterbrochene, feste Grenzschrift darstellt, ohne gerade noch zur Membran geworden zu sein, jedenfalls nach dem Schlusse der foetalen Augenspalte, schieben sich Bindegewebsmassen, die dem Perivasculärgewebe der Arteria centralis oder hyaloidea entstammen, vom Umkreise dieses Gefässes aus zwischen Bindegewebsfaserschicht und limitans interna hinein. Sie vergrössern sich sehr rasch zu einem bedeutenden Haufen, der, die limitans interna vor sich hertreibend, kegelförmig in den Glaskörper hineinragt. Seine Basis liegt der Bindegewebsfaserschicht zunächst in der Gegend des Sehnervenaustritts an, also da, wo sich im normalen Auge der höher entwickelten Wirbelthiere der sogen. blinde Fleck findet. Die Bindegewebszüge breiten sich allmählich über die ganze Retina bis zur Iris hin aus. Der oben erwähnte Kegel verliert dabei immer mehr und mehr an Höhe, und es entsteht schliesslich eine aus Bindegewebsmassen gebildete Schicht zwischen limitans interna und Bindegewebsfaserschicht. Die letztere hat schon vor Auftreten des neuen Gebildes ihre faserigen Bestandtheile durch Zerfall derselben grösstentheils verloren und besteht in der Hauptsache aus protoplasmatischem Gerinnsel. Die neue Schicht mit ihren Fasern und Zellen hebt sich gegen sie deshalb anfangs sehr deutlich ab. Bald aber schwinden auch in dieser die faserigen und zelligen Theile mehr und mehr, und die beiden Schichten verwachsen dann zu einer einzigen untrennbaren, die sich zwischen Opticusfaserschicht und limitans interna ausbreitet.

Schon vor dieser Verschmelzung wachsen in die neugebildete Netzhautlage Gefässe hinein (cfr. den Abschnitt über „Blutversorgung“), und es entsteht so eine für die Ernährung der Netzhaut sehr wichtige Schicht, der ich den Namen *Tunica vasculosa Retinae* geben möchte. Der von O. Schultze¹⁾ und Voll²⁾ gebrauchte Ausdruck: *Membrana vasculosa Retinae* scheint mir hier nicht ganz passend, da ja von einer Membran, jedenfalls im Maulwurfsauge, mit Rücksicht auf den Bau des fraglichen Gewebstheiles auf keiner Entwicklungsstufe gesprochen werden kann.

Nervus opticus.

Stadium I (4,5 mm).

Von einem aus Nervenfasern gebildeten Opticus ist noch keine Rede, wie ja auch in der Retina noch jede Spur entwickelter Ganglienzellen, und also der auch den Sehnerv bedingenden Opticusganglienzellen fehlt. Die Stelle jenes Organs nimmt vielmehr der gegenüber der Gehirnwandung selbst noch absolut keine Veränderung zeigende sogen. Augenblasenstiel ein. (Taf. VI, Fig. 68.)

¹⁾ O. Schultze. Zur Entwicklungsgeschichte des Gefässsystems im Säugethierauge.

²⁾ A. Voll. Ueber die Entwicklung der Membrana vasculosa Retinae.

Beide in Festschrift zu Kölliker's 50jährigem Doktorjubiläum 1892.

Gemessen vom proximalen Pol der Netzhaut bis zum Uebergang in's Centralnervensystem hat derselbe eine Länge von ca. 0,3364 mm. Seine Höhle, die direkt mit der Gehirnhöhle kommuniziert, hat einen wechselnden Durchmesser. Am breitesten ist sie stets kurz vor ihrem Uebergang in die Höhle des Hirns; sie misst hier 0,0858 mm. An der Uebergangsstelle selbst ist sie erheblich schmaler, doch mögen dabei auch in meinen Präparaten durch Schrumpfung verursachte Verschiebungen der Gewebstheile eine Rolle spielen. Da deren Umfang sich nicht feststellen lässt, so muss ich darauf verzichten, Masse anzugeben.

Nahe dem distalen Ende des Augenblasenstiels, d. h. kurz vor der Stelle, bis zu welcher die eingestülpte secundäre Augenblase in den Hohlraum hineinragt, erleidet die Höhle des ersteren ebenfalls eine vorübergehende Verengung auf 0,0260 mm.

Die Wandung des Augenblasenstieles hat desgleichen eine sehr wechselnde Stärke. Das Maximum mit 0,0598 mm erreicht sie durch eine Art Aufwulstung ihres ventralen Abschnittes, etwa in der Gegend, wo die Höhle ihre geringste Mächtigkeit zeigt, während dorsal die stärkste Stelle der Wandung, 0,0559 mm, kurz vor dem Uebergang in die Gehirnwand sich findet.

Der Augenblasenstiel baut sich aus Nervenzellen von verschiedenartiger Form auf. Dieselben sind im Allgemeinen rundlich-oval, doch haben sie infolge der gegenseitigen Pressung oft die mannigfaltigsten Formen angenommen. Eine Anordnung in gesonderte Schichten existiert, wie schon bemerkt, nicht, nur die die Wandung gegen die Höhle abgrenzenden Zellen erscheinen zu einer regelmässigen, freilich in ihrer Continuität häufig unterbrochenen, einfachen Lage angeordnet.

Dorsal geht der Augenblasenstiel alsdann etwa im Niveau des proximalen Retinapoles in eine zweischichtige, und kurz darauf in die einschichtige Anordnung des äusseren Blattes der sekundären Augenblase, also des späteren Pigmentepithels, über. Ventral ist dieser Uebergang stets viel weiter distalwärts vorgerückt. Die Stelle, wo die in 2 Lagen angeordneten distalen Parthieen der Augenblasenstielwandung in das einschichtige Pigmentepithel sich umwandeln, schiebt sich z. B. im äussersten Falle bis beinahe in das Niveau des proximalen Linsenpoles distalwärts vor.

Die foetale Augenspalte scheint auf dieser Entwicklungsstufe noch nicht bis auf den Augenblasenstiel selbst vorgerückt zu sein, wenigstens konnte ich an den von mir untersuchten Objekten niemals eine Spur davon entdecken.

Die Scheiden des späteren Opticus sind in der ersten Anlage bereits vorhanden. In direktem Zusammenhang mit den besonders differenzierten Bindegewebszügen der unmittelbaren Umgebung des Bulbus, den Anfängen einer Augenkapsel, stehend, umschliessen auch den Augenblasenstiel in seiner ganzen Ausdehnung besondere Bindegewebsmassen, die sich von dem übrigen Bindegewebe der Nachbarschaft deutlich abheben. Sie sind viel weniger wellig, haben länglichere Kerne und gestreckteren, im Allgemeinen der Fläche des Augenblasenstiels parallel gerichteten Faserverlauf. Ihre der Stielwandung zugekehrten Grenzparthieen zeigen diese Eigenschaften in noch höherem Masse, ihre Züge sind hier auch viel enger gedrängt.

Stadium II (6,7 mm).

Am proximalen Augenpol geht das Pigmentepithel in den Augenblasenstiel über, in dem sich auch jetzt noch, entsprechend dem Fehlen entwickelter Opticganglienzellen in der Retina, keine Spur von Nervenfasern zeigt. Der Augenblasenstiel setzt sich ebenfalls aus vielen unregelmässigen

Zellenlagen zusammen, und es erfolgt der Uebergang in das einschichtige Pigmentepithel nur ganz allmählich.

In der Stärke ist der Augenblasenstiel sehr zurückgegangen: seine dorsale Wand hat etwa 0,0163 mm in der Dicke, seine ventrale ungefähr ebensoviel; die Höhle besitzt einen maximalen Durchmesser von 0,0126 mm; so dass also die Gesamtstärke des Organs 0,0452 mm beträgt. Seine Länge, gemessen vom proximalen Augenpol bis zum Uebergange in's Gehirn, beträgt 0,3577 mm.

Stadium III (8,5 mm).

Auch bei diesem Stadium ist noch der Augenblasenstiel vorhanden, hat indessen jetzt mannigfache Umbildungen erlitten. Einmal ist seine Wandung nunmehr allenthalben einschichtig geworden. Dann hat er durch das proximale Weiterwandern der foetalen Augenspalte jene bekannte, ihn zu einer ventral und caudal offenen Rinne gestaltende Einstülpung erlitten, infolge deren seine primäre Höhle ganz, oder doch nahezu, verdrängt worden ist. Die Wirkung der die foetale Augenspalte schaffenden andrängenden Bindegewebsmassen hat sich jedoch noch nicht auf den Stiel in seiner ganzen Länge, sondern erst etwa bis in die Mitte seines Verlaufes vom Gehirn zum Auge, bei letzterem anhebend, geltend gemacht. (Taf. VI, Fig. 71.) Die proximale Hälfte des Organs zeigt noch die alte Form einer mit dem Gehirnhohlraum kommunizierenden Röhre, allerdings mit durchweg einschichtiger Wandung.

In den vom Augenblasenstiel eingenommenen Raum hinein hat nun das Einwandern von Nervenfasern, und damit die Umbildung des Stieles zum Sehnerven begonnen. Die von den Opticusganglienzellen ausgesandten Hauptfortsätze haben nämlich in der bereits geschilderten Weise (cfr. Retina) die von ihnen anfänglich eingeschlagene Richtung geändert und sich zu einem Bündel vereinigt, das in der Richtung auf den Augenblasenstiel zu, zunächst die Netzhaut quer durchsetzt. Dasselbe hat da, wo es durch die proximale Grenzschicht der Retina durchtritt, eine Dicke von 0,0286 mm. In dem Abschnitt zwischen Retina und Pigmentepithel gehen die Fasern, welche das Bündel bilden, eine Kreuzung ein (Taf. VI, Fig. 70), dergestalt, dass jede von ihnen ihre bisherige Bahn mit der gegenüberliegenden vertauscht. Es wandern, mit anderen Worten, nunmehr die von dorsal in der Retina gelegenen Opticusganglienzellen stammenden Fasern nach dem ventralen Theile des Bündels und umgekehrt, dann wieder die Fasern, welche von oralen Theilen der Opticusganglienschicht herrühren, nach den caudalen Parthieen des Bündels und umgekehrt, sodass also eine Kreuzung und zwar hier, wie betont werden muss, sämtlicher Fasern zu Stande kommt.

Im Gebiete dieses „retinalen Chiasma“ erleidet das Bündel eine Verminderung seiner Stärke auf 0,0268 mm, um jedoch sogleich wieder beim Passieren des Pigmentepithels eine Dicke von 0,0273 mm zu gewinnen.

Unmittelbar nach Durchtritt durch die Pigmentlamelle finden sich die Opticusfasern in der durch die foetale Augenspalte hervorgerufenen Rinne des Augenblasenstiels, wo sie, sich dicht an die Wand anlegend, durch das ausfüllende lockere Bindegewebe hindurchgewachsen zu sein scheinen. Ein Eindringen in den Augenblasenstiel selbst lässt sich, soweit jene Rinne reicht, nicht konstatieren. Erst nach Aufhören derselben, also etwa in der Mitte zwischen Auge und Gehirn, sieht man die Nervenfasern in geringer Menge — ihre Zahl scheint hier überhaupt stark zurückgegangen zu sein — zwischen den Zellen der ventralen und lateralen Wand des Augenblasenstiels hindurch in dessen Inneres eindringen

und dort, also in der primären Höhle, ihren Weg fortsetzen. Eine andere Abtheilung bleibt jedoch dem Augenblasenstiel ventral angelagert und zieht sich zwischen ihm und dem umhüllenden Bindegewebe hin. Die Zahl der Opticusfasern nimmt, je näher dem Gehirn, desto mehr ab, und etwa an der distalen Grenze seines proximalen Drittels lässt sich am, oder im Augenblasenstiel keine mehr nachweisen. Dieser ist von hier an, bis zu seinem Uebergang in die Gehirnwandung absolut frei von Nervenfasern.

Bei der Wichtigkeit dieser Thatsache kann ich jedoch nicht verschweigen, dass mir auf vorliegendem Stadium der absolute, strikte, ich möchte sagen mathematische Beweis für die Richtigkeit meiner Angabe fehlt, so fest ich auch davon überzeugt bin. Der Augenblasenstiel mit Nervenfasern liess sich in meiner Schnittserie ununterbrochen bis etwa auf zwei Drittel des Weges vom Auge zum Gehirn verfolgen. An dieser Stelle jedoch waren 4—5 Schnitte verdorben und hierunter befanden sich gerade diejenigen, welche die letzten Ausläufer der Opticusfasern hätten zeigen müssen. Der nächste guterhaltene Schnitt zeigt dann die Gehirnwandung und von ihr ausgehend einen kleinen Hohlcyylinder, der nach Bau und Richtung so vollständig mit dem, auf den vorhergehenden, unverletzten Schnitten ganz zweifellos nachweisbaren proximalsten Stücke des Augenblasenstiels übereinstimmt, dass es für mich keinem Zweifel unterliegt, dass man es dabei mit nichts anderem zu thun hat, als eben dem Gehirnende des Augenblasenstieles. Dieser Abschnitt ist, wie bemerkt, beim vorliegenden Stadium ohne jede Spur von Nervenfasern.

Ein zweiter Embryo von 8,5 mm Länge stand mir nicht zur Verfügung, so dass sich also der Fehler in meinem Präparate nicht ausgleichen liess. Es dürfte indessen die Betrachtung eines der folgenden Stadien klarlegen, ob meine Annahme eine berechtigte war, oder nicht.

Wirkliche, differenzirte Opticusscheiden haben sich noch nicht entwickelt. Es sind indessen die Anfänge dazu vorhanden und zwar, im Verlaufe der ganzen Länge des Sehnerven (resp. Augenblasenstiels), in Form von Bindegewebszügen, die, weniger gewellt, und straffer angeordnet, sich, ungefähr parallel zu ihm verlaufend, rings um den Sehnerven angeordnet haben, ganz wie dies schon beim vorigen Stadium sich zeigte.

Stadium IV (10 mm).

Im intrabulbalen Theile des Opticus sind keine Formveränderungen eingetreten; es hat sich lediglich die Anzahl der Nervenfasern vergrössert. Das retinale Chiasma ist auch hier ein vollkommenes, d. h. alle Nervenfasern betheiligen sich dabei.

Extrabulbal findet sich im Zusammenhang mit dorsalen Theilen des Pigmentepithels eine Lage von Zellen des Augenblasenstiels, die jedoch in ihrer Anordnung vielfach gestört und gelockert sind, und auch keine ganz regelmässige Form zeigen.

Die direkte Verbindung des den Opticus direkt umhüllenden Bindegewebes mit den äusseren Parthieen der Augenkapsel ist deutlich.

Eine Verfolgung des Opticusverlaufes gegen das Gehirn hin gestattete der Zustand meiner Präparate für dieses Stadium leider nicht.

Stadium V (11 mm).

Im intraretinalen Theile hat der Opticus insofern eine Veränderung erlitten, als die Kreuzung seiner Fasern jetzt keine vollständige mehr ist. Unmittelbar im Umkreise des Opticusaustrittes liegt

in der Retina nämlich eine Anzahl von Opticusganglienzellen, deren Hauptfortsätze die Kreuzung der übrigen nicht mitmachen, sondern, jeder auf der Seite, wo seine Ganglienzelle liegt, verharrend, hinziehen und so die peripherischen Schichten des Sehnerven bilden helfen. Einige von den angeführten Ganglienzellen halten sich in der Netzhaut nicht auf dem gewöhnlichen Niveau der Opticusganglienschicht, sondern scheinen, gleichsam in Begleitung des Opticus, etwas in der Tiefe der Retina, niemals jedoch weiter, als bis in die Nähe der distalen Grenze der inneren Körnerschicht, gerückt.

Der Sehnerv hat, etwa in der Mitte seines Verlaufs durch die Retina, eine Stärke von 0,0182 mm, er verbreitert sich jedoch bereits während seines Durchtritts durch's Pigmentepithel auf 0,0312 mm.

In unmittelbarer Nähe des Bulbus, resp. noch in diesem selbst, lassen sich nur mehr Reste vom Augenblasenstiel constatiren, in Form von einzelnen Zellreihen, oder -Lagen, die, in ihrem Zusammenhang vielfach gestört, den Sehnerven dorsal begleiten (Taf. VI, Fig. 72). Bereits eine kurze Strecke (0,052 mm) vom Auge entfernt zeigt sich jedoch der Augenblasenstiel nur wenig verändert und bietet das Bild des Stadium III (8,5 mm): die untere Wandung ist durch die Einstülpung der foetalen Augenspalte gegen die obere gedrängt; die Nervenfasern ziehen vorwiegend in der Rinne, aber auch in dem Reste der primären Höhle, ja sogar zwischen den Zellen des Augenblasenstieles selbst hin.

In dieser Weise präsentirt sich der letztere bis zu der Stelle seines Durchtritts durch die knorpelige Schädelkapsel. Es hat zwar schon etwas vorher die Wirkung jenes Einstülpungsprozesses auf den Augenblasenstiel aufgehört (Taf. VI, Fig. 74), die Nervenfasern ziehen sich jedoch auch dann noch überwiegend entlang der ventralen Seite des Stieles, der hier ein weit festeres Gefüge und regelmässigeren, ungestörten Bau zeigt.

Während des Durchtrittes des Augenblasenstieles durch den Knorpel der Schädelkapsel sind seine Nervenfasern entschieden bereits weniger zahlreich geworden, wenn auch immerhin noch ein stattliches Bündel davon vorhanden ist; kurz ehe der Augenblasenstiel in das Gehirn übergeht, noch 0,1142 mm von diesem entfernt, hören sie plötzlich ganz auf. (Taf. VI, Fig. 73.)

Von hier ab, bis zum Gehirn und ebenso in der Parthie des letzteren, die den Augenblasenstiel aufnimmt, oder vielmehr, richtiger gesagt, die ihn einst ausgesandt hat, findet sich keine Spur mehr von Nervenfasern.

Meine Schnittpräparate vom vorliegenden Stadium stellen eine lückenlose Serie dar, in welcher der Augenblasenstiel ununterbrochen vom Auge bis zum Gehirn zu verfolgen war und zeigen das geschilderte Verhalten des Sehnerven in deutlichster Weise. Es bestätigt sich also hierdurch das, was ich bereits bei Betrachtung des Stadium III (8,5 mm) constatirt habe, wenn mir auch dort der Umstand, dass einige wenige Schnitte ausgefallen waren, verboten hat, das gefundene Resultat als ein absolut sicheres hinzustellen.

Die Anlage der Opticusscheiden zeigt sich in der Nähe des Bulbus gegen das weiterhin angrenzende Bindegewebe etwas schärfer abgesetzt, auch lässt sich ihr Uebergang in die äusseren Lagen der Augenkapsel nicht verkennen. Im Umkreis der mehr dem Gehirne angenäherten Abschnitte des Sehnerven fehlt häufig die Grenze der Scheiden gegen das Bindegewebe hin, das den Raum zwischen Auge und Schädelswand ausfüllt.

Stadium VI (13 mm).

In seinem Verlaufe durch die Netzhaut hat der Sehnerv wenig Aenderungen erlitten. Er hat jetzt hier eine Dicke von ca. 0,0325 mm. Die Bildung des retinalen Chiasma geht in der für das vorige Stadium beschriebenen Weise vor sich. Es ist jedoch, wie die Zahl der Sehnervenfaseru überhaupt, so besonders diejenige der an der Kreuzung unbetheiligten eine grössere geworden. Letztere Erscheinung ist hauptsächlich dadurch zu erklären, dass die in die Tiefe der Retina gedrungeuen Opticusganglienzellen ihre Zahl vermehrt haben, sowie ausserdem noch weiter proximalwärts vorgedrungen sind. Sie finden sich jetzt, immer in einfacher Lage dem Sehnerven folgend, bis auf's Niveau des proximalen Randes der inneren Körnerschicht. (Taf. VI, Fig. 76.) Diese Ganglienzellen unterscheiden sich, abgesehen von ihrer Lage, auch noch dadurch von den übrigen Opticusganglienzellen, dass sie nach allen Seiten wohlentwickelte feine Fortsätze aussenden und vermittelst mehrerer derselben in gegenseitige Verbindung treten. Wie diese indessen zu Stande kommt, ob durch direkte Verschmelzung oder nur durch Aneinanderlegen der Ausläufer, also durch Kontakt, vermochte ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Am wahrscheinlichsten scheint es mir, dass beide Arten vorkommen, wobei dann eventuell die letztgenannte eine Vorstufe zur ersteren bilden dürfte.

Von ihrem dem Opticusfaserpol entgegengesetzten Pole senden auch sie einen Hauptfortsatz in die Netzhaut hinein und treten dadurch in Zusammenhang mit einer inneren Ganglienzelle.

Beim Durchtritte durchs Pigmentepithel verliert der Sehnerv erheblich an Stärke, kommt aber extrabulbal dann rasch wieder wenigstens auf 0,0299 mm und zieht sich in dieser Dicke bis in die Nähe der knorpeligen Gehirnkapsel hin.

Reste des Augenblasenstiels finden sich in unmittelbarer Nähe des Bulbus noch in Gestalt weniger rundlicher Zellen, welche, in der Hauptsache auf die dorsale Seite des Opticus beschränkt, sich längs desselben in einfacher, vielfach gestörter Schicht hinziehen. Dieselben verschwinden jedoch bald vollkommen und der Sehnerv setzt seinen Weg ohne jede Andeutung des früheren Leitgebildes bis kurz vor seinem Eintritt in die Schädelkapsel fort. Hier treten zunächst wieder einzelne Zellen auf, die sich rasch zu der Röhre des Augenblasenstiels zusammenfinden, und schon während seines Durchtrittes durch die Knorpelwand der Gehirnkapsel ist der Sehnerv wieder von dem unzerstörten Augenblasenstiel geleitet. Die Nervenfasern ziehen sich dann theils in der Höhle des Gebildes hin, theils sind sie dessen (einschichtigen) Wandungen von Aussen angelagert, und zwar der ventralen in ganz bedeutend grösserer Anzahl, als der dorsalen. (Taf. VI, Fig. 75.) Etwa 0,1277 mm proximal vom inneren Rande der Gehirnkapsel wird der Augenblasenstiel mehrschichtig. Von dieser Grenze aus bis zu seinem Uebergange in's Gehirn selbst sind es noch ca. 0,1947 mm. Die Nervenfasern längs der dorsalen Wand und ebenso diejenigen der Höhle des Stiels reichen nicht bis zu dem angegebenen Punkte, sondern sind schon vorher immer weniger geworden und schliesslich ganz verschwunden. Nur die der ventralen Augenblasenstielwand angelagerten setzen ihren Weg längs der letzteren fort und treten in die Faserschicht des Gehirnes ein, in deren Zügen sie verschwinden.

In der Gegend der Grenze zwischen ein- und mehrschichtigem Bau der Stielwand misst die ganze Anlage, also beide Wände, Höhle und Nervenfaserbündel zusammen: 0,0527 mm in der Dicke.

Die Opticusscheiden sind auf der früheren Entwicklungsstufe stehen geblieben.

S t a d i u m VII (17 mm).

Der Bau des Sehnerven zeigt keine Veränderungen. Er hat intraretinal eine Stärke von 0,0440 mm, und nimmt dann etwas zu, so dass er bei seinem Durchtritt durch die Sclera auf eine Dicke von 0,0455 mm angewachsen ist. Extrabulbal geht er dann rasch auf 0,0403 mm zurück und behält diese Stärke in der Folge bei, soweit wenigstens ich ihn habe verfolgen können. Die Reste des Augenblasenstiels in der Nähe des Bulbus sind vollständig verschwunden. Die Differenzierung der Scheiden hat nach keiner Richtung hin Fortschritte gemacht.

S t a d i u m VIII (19,7 mm).

Auch jetzt hat sich der Opticus in seinem Bau nur insofern verändert, als die Zahl der ihn bildenden Nervenfasern wieder erheblich zugenommen hat. Er besitzt im Gebiete der Netzhaut eine Stärke von 0,0507 mm. Während des Durchtritts durch die Sclera erleidet er eine Einschnürung auf 0,0403 mm, schwillt indessen unmittelbar nachher auf die extrabulbal im Weiteren festgehaltene Stärke von 0,0572 mm an.

Die orale Hälfte des Sehnerven hat in seinem zwischen Retina und Pigmentepithel hinziehenden Abschnitt einen, allerdings sehr unregelmässigen, durch Lücken unterbrochenen, einschichtigen Belag von Zellen, die in Nichts von den äusseren Körnerzellen verschieden sind. Sie bilden um den Opticus eine Art von Rinne, die mit der äusseren Körnerschicht in direktem Zusammenhange steht. Vom Pigmentepithel hält sich deren proximales Ende stets etwas entfernt.

Die Bindegewebshülle des Sehnerven ist jetzt deutlicher ausgesprochen. Man kann bereits zwei getrennte Lagen unterscheiden: eine innere 0,0044 mm starke, und eine äussere von 0,0079 mm Dicke. Die innere besteht aus sehr feinen Faserzügen, die sich enge aneinanderlegen und nur ganz kleine, schmale Kernchen, in ziemlich geringer Menge, einschliessen. Die äussere Hülle, die sich von der inneren stets scharf abhebt, setzt sich aus gröberen, loser geschichteten und ziemlich welligen Gewebszügen zusammen. In ihr finden sich reichliche, grosse Kerne, von länglich spindelförmiger Gestalt, die häufig entsprechend den Wellenzügen der Fasern gekrümmt sind. Gegen das Bindegewebe der Umgebung ist diese äussere Scheidenanlage meistens abgesetzt: niemals sehr scharf, aber doch immerhin so, dass der Unterschied deutlich ist. Stellenweise fehlt dann freilich jede feste Grenze, und das Gewebe der äusseren Sehnervenhülle geht ganz allmählich in das Bindegewebe über.

Beide Scheidenanlagen stehen mit der *Sclero-Chorioidea* in ununterbrochenem Zusammenhang.

S t a d i u m IX (22,3 mm).

Ueber den feineren Bau des Opticus ist nicht viel Neues zu bemerken. Er hat abermals seine Fasern erheblich vermehrt, doch sind dieselben, wenigstens im intrabulbalen Verlaufe, enger aneinander gedrängt, sodass eine Stärkezunahme des Sehnerven dadurch nicht bewirkt worden ist. Er misst intraretinal 0,0442 mm, geht während seines Durchzuges durch die Sclera auf 0,0364 mm herunter, wächst aber sofort nach Verlassen des Bulbus auf 0,0520 mm Dicke an, die er dann auch in seinem weiteren Verlaufe beibehält.

Die Reste des Augenblasenstieles sind extrabulbal nunmehr gänzlich verschwunden. Von der für's letzte Stadium beschriebenen, die orale Hälfte des Opticus zwischen Netzhaut und Pigmentepithel rinnenförmig umschliessenden Zellenlage finden sich hier nur wenige Spuren in Gestalt einzelner, dem Sehnerven an der genannten Stelle anlagernder Zellen.

Die Opticusscheiden sind jetzt ganz deutlich, sowohl von dem Bindegewebe der Umgebung, als von einander zu trennen. Die äussere ist im Allgemeinen 0,0221 mm dick und besteht aus lockeren Bindegewebszügen mit ovalen Kernen, die meist tangential zur Fläche des Sehnerven verlaufen, gelegentlich aber auch einmal eine andere Richtung haben können. Die innere Scheide ist nur 0,0026 mm mächtig und setzt sich aus wenigen, feinen, engegedrängten Zügen zusammen, die kleine, schmale, zur Opticusaussenfläche immer tangential gestellte Kernchen führen.

Stadium X (27,5 mm).

Abgesehen von einer sehr bedeutenden Vermehrung seiner Fasern und infolgedessen grosser Stärkezunahme zeigt der Opticus bei diesem Stadium keine Veränderung gegenüber dem letzten. Die neu hinzugekommenen Nervenfasern entstammen ausschliesslich solchen Opticusganglienzellen, welche auf der Innenfläche der Netzhaut ihren Platz haben, betheiligen sich also sämmtlich an der Bildung des retinalen Chiasma. Die im Sehnerv peripherisch verlaufenden Fasern, welche die Kreuzung nicht mitmachen, haben keine Vermehrung erfahren. Der N. opticus misst, während er durch die Netzhaut hinzieht ca. 0,0715 mm; beim Durchtritt durch die Sclera geht er auf 0,0650 mm zurück und behält diese Stärke auch in seinem extrabulbalen Verlaufe.

Stadium XI (32 mm).

Der Sehnerv dieses Auges ist erheblich schwächer, er misst intraretinal nur 0,0585; während seines Weges durch die Sclera, sowie ausserhalb des Augapfels 0,039 mm. Die in der Tiefe der Netzhaut liegenden Opticusganglienzellen, welche die peripherischen Fasern des Sehnerven liefern, haben eine bedeutende Vermehrung erfahren und sind jetzt bis ins Niveau des proximalen Randes der inneren Körnerschicht zu verfolgen. Infolgedessen sind die Nervenfasern, welche die Kreuzung nicht mit eingehen, erheblich zahlreicher geworden.

Innere und äussere, piale und durale Opticusscheide sind scharf gegeneinander abgegrenzt. Ebenso hat die durale mit dem umliegenden Bindegewebe jeden Zusammenhang verloren. Ihre Verbindung mit der Sclera ist deutlich.

Das erwachsene Thier. (Taf. VI, Fig. 77.)

In seinem inneren Aufbau zeigt der Sehnerv gegenüber dem letzten Stadium fast keine Veränderung. Seine Grössenverhältnisse sind indessen andere. Während bei den Embryonalstadien die Stärke, von einzelnen, nicht zu weit gehenden Schwankungen abgesehen, für dieselbe Entwicklungsstufe annähernd immer dieselbe war, zeigt der Opticus des erwachsenen Maulwurfs in dieser Hinsicht die grösste Mannigfaltigkeit. Seine Dicke, gemessen etwa in der Mitte des intraretinalen Verlaufes, schwankt

zwischen Extremen von 0,0389 und 0,0708 mm, seine durchschnittliche Stärke beträgt etwa 0,0561 mm. Ein Vergleich der Opticusstärke im Verlauf des Nerven durch die Retina mit der Augenhöhe ergibt sehr verschiedenartige Verhältnisszahlen, z. B. 1:13,59, 1:17,17, 1:15,47, 1:11,77, im Durchschnitt etwa 1:14,64. Bedenkt man, dass dasselbe Verhältniss bei den nächst vorhergegangenen Embryonalstadien für Stadium XI (32 mm) 1:9,44, für Stadium X (27,5 mm) 1:8,76 betrug, so ergibt sich für den Sehnerven des erwachsenen Maulwurfs in seinem intraretinalen Abschnitt eine recht erhebliche verhältnissmässige Stärkenabnahme.

Bei seinem Durchtritt durch die Chorioidea und Sclera verliert nun der Opticus in den meisten Fällen etwas an Stärke; freilich nicht immer: gelegentlich kommt es sogar vor, dass er gegenüber seiner intraretinalen Dicke noch etwas zunimmt, doch ist dies eine seltene Ausnahme. Er hat an der bezeichneten Stelle eine Mächtigkeit, die zwischen 0,0260 und 0,0672 mm schwankt, im Durchschnitt ist er etwa 0,0469 mm stark. Verglichen mit der Bulbushöhe ergeben sich Verhältnisse von 1:23,2, 1:18,11, 1:17,33, 1:12,54, 1:11,1 etc., im Durchschnitt etwa 1:16,02. Bei den vorher zum Vergleich herangezogenen höchstentwickelten Embryonalstadien X (27,5 mm) und XI (32 mm) stellt sich dies Verhältniss nun aber auf 1:9,64 resp. 1:14,16, es zeigt sich also auch an dieser Stelle eine nicht unbedeutende Stärkeabnahme des Opticus beim erwachsenen Thiere.

Was nun vollends die Dicke des extrabulbalen Sehnerven betrifft, so treten in dieser Beziehung noch bedeutendere Schwankungen zu Tage. Im Allgemeinen gilt zwar als Regel, dass der Opticus nach Verlassen des Augapfels sofort wieder dicker wird und die dann gewonnene Stärke bis zu seinem Eintritte ins Gehirn beibehält. Der Grad dieser Zunahme ist aber ein sehr verschiedener. Neben Augen, deren Opticus extrabulbal fast das Doppelte seiner intrasclerotalen Stärke gewinnt (0,105 nach 0,0672, oder sogar 0,0991 nach 0,0495 mm), kommen häufig solche vor, in denen die Verstärkung nur ganz unbedeutend ist (0,0672 nach 0,0527, oder 0,0495 nach 0,0336 mm), ja es fehlt auch nicht an Fällen, in welchen nicht nur keine Verdickung, sondern sogar eine Abnahme eintritt (0,0389 nach 0,0495 oder 0,0602 nach 0,0672 mm), oder in welchen extrabulbale und intrasclerotische Stärke sich gleichbleiben (z. B. beiderseits 0,0495 mm).

Ist nun auch, wie aus dem Gesagten hervorgeht, der Opticus im Verhältniss zur Grössenzunahme des Auges nicht stärker, sondern erheblich schwächer geworden, so hat trotzdem eine sehr bedeutende Vermehrung seiner Fasern stattgefunden, die nunmehr erheblich enger gelagert sind und den Sehnerven so zu einem viel solideren, festeren Gebilde machen, als irgend ein Embryonalstadium aufweisen konnte. Auch die peripherischen, an dem retinalen Chiasma unbetheiligten Fasern sind wieder zahlreicher geworden, da sich die Ganglienzellen, von denen sie ausgehen, ebenfalls vermehrt und enger gelagert haben, auch noch etwas mehr in die Tiefe der Retina gedrungen sind, wo sie sich jetzt bis ins Niveau der Zwischenganglienzellen verfolgen lassen. Die am meisten proximalwärts vorgeschrittenen von ihnen stehen dann durch einen Fortsatz nicht mehr mit inneren, sondern direkt mit äusseren Ganglienzellen im Zusammenhang.

Auch beim erwachsenen Thiere lassen sich nicht selten die um den Sehnerven auf der kurzen Strecke seines Verlaufes zwischen Sehzellschicht und Pigmentepithel angeordneten Zellen constatieren. Dieselben stimmen mit den äusseren Körnerzellen in jeder Beziehung überein. Sie liegen dem Opticus in dem bezeichneten Abschnitte an seiner dorsalen und oralen Fläche dicht an, in einfacher, ziemlich regelmässiger Lage, die sich an die äussere Körnerschicht einerseits und an das Pigmentepithel anderer-

seits unmittelbar anschliesst. In vielen Fällen fehlt von ihnen dann wieder jede Spur; zuweilen finden sie sich nur in vereinzelt Exemplaren an der dorsalen Opticusfläche.

Die Opticusscheiden sind jetzt immer deutlich ausgebildet. Die äussere, die Duralscheide, besteht aus vielen, feinen Faserzügen, die sehr enge gelagert um den Sehnerven angeordnet sind. Sie führen zahlreiche kleine Kernchen, von meist spindelförmiger, selten rundlich-ovaler Gestalt. Die Dura steht immer in deutlichem, ununterbrochenem Zusammenhange mit den äusseren Parthieen der Sclera, niemals aber, wo eine solche vorhanden ist, mit der Lamina fusca. Die Stärke der Duralscheide des Opticus ist eine sehr verschiedene, sie schwankt zwischen 0,006 und 0,013 mm.

Die innere, piale, Opticusscheide ist immer viel dünner. Sie setzt sich aus nur wenigen, ganz feinen Faserzügen zusammen, die sehr enge aneinandergepresst sind und der Haut oft fast das Ansehen einer Membran geben. Kerne führt sie in ihrem Innern niemals, nur gelegentlich finden sich ihr auf der äusseren und, seltener, inneren Fläche einzelne ganz schmale und kleine Kernchen angelagert. Ihre Dicke schwankt zwischen 0,0019 und 0,003 mm. Die piale Scheide setzt sich nicht in die Sclera fort, lässt sich vielmehr stets bis an die innersten Schichten der Chorioidea verfolgen, in denen sie aufzugehen scheint. Ob sie sich vielleicht mit der Zwischenmembran vereinigt, wie ich dies für andere Augen (cfr. den ersten Theil dieser Arbeit) habe konstatieren können, konnte ich hier nicht entscheiden, da in der Gegend des Opticusaustritts im Auge des erwachsenen Maulwurfs das Pigment des Pigmentepithels stets die nächstgelegenen Theile der Chorioidea, also auch einer ev. Zwischenmembran, vollständig verdeckt.¹⁾

Z u s a m m e n f a s s u n g.

Auf den frühesten Stufen existiert noch kein Sehnerv. Die Stelle, die er später einnimmt, wird durch den Augenblasenstiel ausgefüllt. Sobald aber im Verlauf der Retinaentwicklung an ihrem innersten Rande die Opticusganglienzellen aufgetreten sind, beginnt auch die Anlage des N. opticus. Die Distalausläufer dieser Zellen laufen nemlich, wie beschrieben wurde, zunächst in mehr oder weniger regelmässiger Schicht längs dem inneren Netzhautrande nach dem Augenhintergrunde hin, biegen, etwas dorsal von diesem, proximalwärts um und treten in die Retina ein, die sie in der Richtung auf den Augenblasenstiel hin durchsetzen. Diese Umbiegung geht nun aber nicht unter scharfem, rechtem Winkel vor sich, sondern die Fasern halten immer noch etwas an ihrer alten Richtung fest; infolgedessen durchziehen sie die Netzhaut nicht parallel zu einander, sondern es werden die aus der dorsalen Retina kommenden etwas ventralwärts und umgekehrt, ebenso die aus der oralen Retina abstammenden caudalwärts und umgekehrt von dem senkrecht zur Retina verlaufenden Wege durch diese Haut abgelenkt und gehen daher in deren Innerem eine gegenseitige Kreuzung ein. Erst dann werden sie allmählich, wahrscheinlich infolge des Widerstandes, den ihrem weiteren Vordringen in der alten Richtung die engegelagerten Retinaelemente entgegensetzen, vollends in die Direktion nach dem Augenblasenstiele gedrängt.

¹⁾ Leider giebt es, soweit meine Kenntniss reicht, kein Mittel zur Entfernung des Pigments. Alle die Methoden, die Grenacher, Parker u. A. zu diesem Zwecke bei den Augen Wirbelloser gute Dienste geleistet haben, versagen bei einer Anwendung auf die Augen von Wirbelthieren vollständig.

An dieser Kreuzung, dem *Chiasma Nervi optici*, betheiligen sich also zunächst sämtliche Opticusfasern. Sie setzen dann, immer dem Augenblasenstiel als Leiter folgend, ihren Weg nach dem Gehirne fort, doch ziehen sie sich dabei nur zu einem kleinen Theile in der Höhle des Augenblasenstieles hin; meist sind sie diesem von Aussen, besonders ventral, angelagert, finden sich aber, von Anfang an, auch in einzelnen Exemplaren zwischen den Zellen seiner Wandungen. Schliesslich treten sie nach Durchtritt durch die Gehirnkapsel, in das Gehirn ein.

Inzwischen sind in der Retina zunächst einzelne, dann bald mehr und mehr Opticusganglienzellen, dem Sehnerven folgend, in die Tiefe getreten. Sie bilden dort eine einfache Lage rings um den Opticus und senden ihre Hauptausläufer nun ebenfalls, parallel zu ihm, nach dem Gehirn. Diese Fasern nehmen an der Kreuzung aber nicht Theil, sondern ziehen sich, auf der Seite, wo ihre Zelle sich befindet, verharrend, durch die Netzhaut hin, so die äussersten Schichten des Sehnerven bildend. Solcher Fasern sind es anfangs nur ganz wenige, im Verlaufe der Entwicklung nehmen sie an Zahl etwas zu, werden aber niemals auch nur entfernt so häufig, wie die anderen, der Kreuzung unterliegenden, von denen sie im allerhöchsten Fall den zehnten Theil ausmachen mögen.

Es ziehen sich also die Opticusfasern, wie bei Beschreibung der einzelnen Stadien näher dargelegt wurde, vom Auge nach dem Gehirn hin, wachsen also centripetal, nicht, wie früher angenommen wurde, centrifugal. Man darf daher füglich beim Auge nicht, wie bisher üblich war, von einem Opticuseintritt sprechen, da es sich ja im Gegentheil um einen Opticusaustritt¹⁾ handelt. Dass neben den centripetal fortwachsenden, sensiblen Nervenfasern im Opticus auch centrifugal verlaufende motorische vorkommen, muss ich auf Grund meiner Untersuchungen für den Maulwurf entschieden bestreiten, daraus soll aber keineswegs folgen, dass ich im Allgemeinen, für normale Augen, die Existenz solcher Fasern, die von Stöhr vermuthet, von Engelmann, van Genderen-Stort u. A. behauptet wurde, leugnen will. Man kann vielmehr sehr wohl annehmen, dass motorische Nervenfasern dem Sehnerven der Wirbelthiere zukommen, aber im Maulwurfsauge (und anderen ihm in dieser Hinsicht gleichstehenden Sehorganen) noch nicht zur Ausbildung gelangt waren, weil dieses Auge, wenigstens in Bezug auf Retina und Opticus, auf einer Stufe stehen geblieben ist, auf welcher die Bildung der motorischen Opticusfasern noch nicht begonnen hatte.

Während der Entwicklung des Sehnerven geht der Augenblasenstiel allmählich zu Grunde. Am längsten halten sich noch einzelne Zellen an seinem proximalen und an seinem distalen Ende, also am Gehirn und am Auge. Doch verschwinden sie auch hier bald vollständig.

Der Augenblasenstiel, und nach dessen Resorption der Sehnerv, wird von Bindegewebsmassen umhüllt, die anfangs sehr lose und unregelmässig angeordnet sind, bald aber eine ziemlich feste Kapsel bilden. Aus dieser entstehen dann, durch Abspaltung der innersten Parthieen von den äusseren, die beiden Scheiden.

¹⁾ Diese Bezeichnung ist neuerdings in Aufnahme gekommen. Merkwürdigerweise findet man aber noch bei neueren Forschern, die das centripetale Wachsthum der Opticusfasern anerkennen, trotzdem noch das Wort „Opticuseintritt“. Der Nachweis des centripetalen Wachsthums hat für Selachier-Embryonen Froriep geliefert.

(Ueber die Entwicklung des Sehnerven. in: Anatom. Anzeiger: VI. 6. 1891, p. 155 ff.)

Die Blutversorgung.

Stadium I (4,5 mm).

Blut findet sich auf dieser Stufe nur im Glaskörper, hier aber ziemlich reichlich, vor Allem in dem durch die foetale Augenspalte eingedrungenen Bindegewebe. In diesem lässt sich ein starkes Gefäss, etwa von der Gegend der distalen Grenze der Retina bis zum proximalen Linsenpol verfolgen: augenscheinlich die *Arteria centralis Retinae*.

Eine Gefässausbreitung im Umkreis der Linse ist nicht nachzuweisen, ebensowenig treten Gefässstämme in die Netzhaut ein. Weiterhin findet sich in dem zwischen Linse und Augenbecher- rand eindringenden Bindegewebe häufig ein kleineres Gefäss, ganz in der Nähe der Irisanlage. Seinen weiteren Verlauf festzustellen, also vor allem nachzuweisen, ob es sich in den Glaskörper selbst hinein- erstreckt, wollte mir jedoch nicht gelingen.

Stadium II (6,7 mm).

Es finden sich Gefässe vor Allem in dem Bindegewebe, welches durch die foetale Augenspalte in den Bulbus eindringt. Ein starkes Gefäss (*Arteria centralis*) ist hier schon eine Strecke vor seinem Eintritt zu konstatieren und bis an den proximalen Linsenpol zu verfolgen, wo es sich in zahlreiche Verästelungen auflöst, die einerseits die ganze Linse umspinnen, andererseits, von da scharf umbiegend, die gesammte Glaskörperanlage durchsetzen, jedoch nicht in die Netzhaut eindringen. Auch die Bindegewebsfaserschicht der letzteren ist ganz frei von Blut, darf also keinesfalls etwa als besondere *Tunica vasculosa Retinae* aufgefasst werden.

Kurz vor dem Durchtritt durch das Pigmentepithel giebt der grosse Gefässstamm Seitenzweige ab, welche in die den Bulbus direkt umgebenden Bindegewebslagen eindringen. Ausserdem zeigen auch die, durch die Augenbecheröffnung ins Innere hinein kommenden Bindegewebsmassen schwache Spuren von Blut, vor Allem findet sich in ihnen stets in der Gegend des Augenbecherrandes, und zwar dorsal, wie ventral, ein kleines Gefäss. (Taf. II, Fig. 21.)

Stadium III (8,5 mm).

Die *Arteria centralis* tritt, deutlich nachweisbar, mit dem die foetale Augenspalte füllenden Bindegewebe in das Auge ein, zieht durch den Glaskörper hin und verzweigt sich im Umkreis der proximalen Linsenfläche (Taf. I, Fig. 1). Die kleinen Gefässäste halten sich jedoch stets diesseits der Membrana hyaloidea, resp. von deren Anlage. Sie finden sich gelegentlich an dieselbe scheinbar angepresst, so dass die Membran eine Ausbuchtung gegen die Linse hin erleidet, niemals jedoch treten Blutgefässe in die Membrana hyaloidea hinein, dieselbe ist also, wie ganz deutlich erkennbar, nicht selbst blutführend. Die feinen Gefässverzweigungen scheinen sich, vom hinteren Linsenrande unter scharfem Winkel umbiegend, der Retina zuzuwenden, doch gestatten mir meine Präparate nicht, dies mit Sicherheit zu behaupten. Jedenfalls tritt niemals ein Gefäss in die Netzhaut ein.

Parallel mit der extrabulbalen *Arteria centralis*, ventral von dieser gelegen zieht sich ein weiteres, starkes Gefäss gegen das Auge hin. Dasselbe biegt, kurz vor Erreichung der Augenkapsel, ventralwärts um, löst sich in feine Verästelungen auf und schiebt sich, in Begleitung reichlichen perivaskulären Bindegewebes, zwischen Augenkapsel und Pigmentepithel hinein, so die erste Anlage einer *Chorioidea* bildend. Sonst findet sich im Auge des vorliegenden Stadiums kein Blut.

Stadium IV (10 mm).

Zeigt in Bezug auf Vascularisierung des Auges nichts Neues.

Stadium V (11 mm).

Die *Arteria centralis Retinae* zieht gegen den hinteren Linsenrand hin und verästelt sich dort in hohem Grade. Sie umspinnt die Linse distalwärts bis über ihren Aequator hinaus, hält sich jedoch immer diesseits der *Membrana hyaloidea* (Taf. II, Fig. 25). Die Verzweigungen erscheinen an letztere dabei oft so fest angepresst, dass dieselbe gegen die Linse hin kleine Ausbuchtungen erleidet, niemals treten sie jedoch ins Innere der als *Membrana hyaloidea* bezeichneten Gewebsschicht, die also selbst niemals blutführend ist (Taf. I, Fig. 2).

Die Verästelungen der *Arteria centralis* biegen an der *Membrana hyaloidea* theilweise scharf nach rückwärts um und durchziehen den Glaskörper, in dem sie sich bis gegen die Limitans interna hin verfolgen lassen. Niemals durchbrechen sie jedoch diese.

Sonst findet sich Blut nur, wie bemerkt, in den inneren Parthieen der Augenkapsel, sowie, damit in Zusammenhang, in der Anlage der *Membrana Descemetii*.

Die Netzhaut ist stets absolut blutleer. Auch die in Anlage begriffene *Granulosa interna*, sowie die der Retina im Augenhintergrunde distal aufgelagerte Bindegewebsschicht (cfr. Retina) zeigen niemals eine Spur von Gefässen.

Stadium VI (13 mm).

Von der an der proximalen Linsenfläche auftretenden Gefässausbreitung, die sich aus den Verzweigungen der *Arteria centralis Retinae* gebildet hat, hatte sich schon bei den vorigen Stadien eine Anzahl Aeste gegen die Retina hin umgebogen und den Glaskörper durchzogen, ohne jedoch in die Netzhaut einzudringen. Die Zahl dieser Gefässstämmchen hat sich jetzt bedeutend vermehrt; sie nehmen alle, unter reichlicher Abgabe feiner Seitenzweige, ihren Weg durch den Glaskörper nach der Retina, durchbrechen alsdann, ohne indessen eine Gefässausbreitung im peripherischen Glaskörper zu bilden, die *Membrana limitans interna* und treten so in die Netzhaut ein, die sie, ebenfalls unter Abgabe von Seitenästchen, bis etwa zur distalen Grenze der äusseren Körnerschicht durchsetzen.

Auf diese Weise vollzieht sich die Vascularisation des grössten Theiles der Netzhaut, keineswegs jedoch der gesammten. Ausgenommen sind dabei die retinalen Parthieen der Irisanlage, sowie die dem Sehnerven unmittelbar angrenzenden Theile und zwar in einem Umkreis um den ersteren, der der Ausdehnung jener, für das vorliegende Stadium oben beschriebenen Anlage einer *Granulosa interna* genau entspricht.

Für diese letzteren Netzhautparthieen vollzieht sich die Blutversorgung von der Chorioidea her. Es geht nämlich von dieser ein ziemlich starkes Gefäss aus, welches, der dorsalen Fläche des intraretinalen Opticus parallel verlaufend, die Netzhaut bis zum Niveau der Granulosa interna quer durchzieht und sich hier in zahlreiche feine Aestchen auflöst, die in die letztere eintreten, hier proximalwärts scharf umbiegen und, ebenfalls mit reichlichen Seitenzweigen, die Netzhaut von Innen nach Aussen durchlaufen, wo auch sie bis in die Gegend der Zwischenganglienzellen nachweisbar sind. Nach Innen von der Granulosa interna, also distalwärts, werden keine Zweige abgegeben. (Taf. I, Fig. 3.)

Die pars retinalis Iridis wird ebenfalls von der Chorioidea aus versorgt. Es zieht sich zu diesem Zwecke ein kleines Gefäss aus derselben um den Augenbecherrand herum (gelegentlich, wie mir scheint, noch zwischen Zellen des Pigmentepithels hindurch) und in das innere Blatt der Irisanlage hinein, um sich dort in feine Verästelungen aufzulösen. Derselbe kleine Gefässstamm giebt schon vor seinem Umbiegen einen Seitenzweig, ab, der in die Anlage der Membrana Descemetii hinein sich erstreckt.

Im Uebrigen finden sich Gefässe nur noch in den innersten Lagen der Sclero-Chorioidea.

Stadium VII (17 mm).

Die Glaskörpergefässe durchbrechen jetzt in grösserer Anzahl die Membrana limitans interna, um in die Retina einzudringen, in welcher ich sie bis zur proximalen Grenze der inneren Körnerschicht habe verfolgen können.

Die dem Opticusaustritt benachbarten Theile der Netzhaut werden von diesen Glaskörpergefässen nicht berührt; die Ernährung geschieht auch hier lediglich durch die Gefässe der Granulosa interna. Während aber diese Schicht selbst sich beim vorliegenden Stadium über die ganze Retina hin ausgedehnt hat, sind ihre Gefässe auf den kleinen Raum im Umkreise des Sehnerven, auf dem sie schon beim vorigen Stadium zu finden waren, beschränkt geblieben. Von hier aus dringen ihre feinen Verästelungen in die Tiefe der Netzhaut, aber, wie schon oben gezeigt, nur proximalwärts.

Dem freien Irisrande entlang zieht sich, in ein starkes Polster eingehüllt, ein grosses Ringgefäss. (Taf. II, Fig. 26.)

Ausserdem finden sich noch zahlreiche Blutgefässe in der Chorioidea und, im Zusammenhang damit, im bindegewebigen Theile der Irisanlage, sowie in der Membrana Descemetii.

Auch die Sclera führt etwas Blut, und ebenso zeigen sich reichliche Gefässe in der Nähe der Augendrüsen, sowie in den Augenlidern.

Stadium VIII (19,7 mm) und Stadium IX (22,3 mm).

In Bezug auf die Vascularisation des Auges fast keine Fortschritte. Bei beiden Stadien sind die kleineren Gefässe der Membrana Descemetii viel seltener geworden, augenscheinlich stark in der Rückbildung begriffen.

Stadium X (27,5 mm).

Die Blutversorgung der Netzhaut vollzieht sich auch hier fast ausschliesslich von den Glaskörpergefässen aus. Es ist dabei jedoch insofern eine Aenderung eingetreten, als diese von der Gefäss-

ausbreitung im Umkreise der proximalen Linsenfläche aus nicht mehr direkt in die Retina eindringen, sondern jetzt, nachdem sie den Glaskörper quer durchzogen haben, längs der Membrana limitans interna, aber stets distal davon, eine zweite Gefäßausbreitung bilden. Erst von dieser gehen dann Stämme aus, welche die Limitans durchbrechen und in die Netzhaut eintreten, in der sie sich bis in die innere Körnerschicht hinein verfolgen lassen.

Wie bei früheren Stadien, so werden aber auch hier die dem intraretinalen Sehnerven unmittelbar benachbarten Theile der Netzhaut von den vitrealen Gefäßen nicht mitversorgt. Diese Parthieen vascularisieren sich von der Chorioidea aus und zwar durch das bereits oben beschriebene Gefäß, das parallel der Art. centr. hinzieht und, unter rechtem Winkel umbiegend, Aeste in die angrenzenden Abschnitte der Granulosa interna hineinsendet, durch deren Weiterverzweigung dann noch die entsprechenden Theile der inneren Körnerschicht ihr Blut erhalten.

Dieses Gefäß, das früher ausschliesslich für die Granulosa interna bestimmt schien, schickt indessen jetzt einen weiteren starken Ast ab, der die ursprüngliche Richtung, parallel zur Centralarterie, beibehält und sich, aber ohne jede Verästelung, in die zwischen eigentlicher Retina und limitans interna eingeschobene Bindegewebsschicht hinein verfolgen lässt.

Was die Blutversorgung der übrigen Theile des Auges betrifft, so wurde darüber in den einzelnen Abschnitten bereits gesprochen.

Stadium XI (32 mm).

Die Glaskörpergefäße sind jetzt viel seltener geworden. Die distal von der Membrana limitans interna gelegene peripherische Gefäßausbreitung im Glaskörper scheint zwar noch allenthalben vorhanden zu sein, die von ihr aus in die Retina hineingesandten Stämme sind aber an Zahl sehr zurückgegangen, und zwar tritt diese Erscheinung besonders in der proximalen Augenhälfte, viel weniger in den dem distalen Augenpole mehr genäherten Netzhautparthieen zu Tage. (Taf. I, Fig. 5.)

Ihre Stelle vertritt jetzt ein ganz neues Gefäßssystem, dessen erste Anlage freilich schon bei den letzten Stadien zu erkennen war. Das der Chorioidea entstammende Gefäß nämlich, das auf früheren Entwicklungsstufen lediglich die Vascularisierung eines kleinen Theiles der Retina besorgte, ist nunmehr in die Bindegewebsschicht zwischen Opticusfaserschicht und Limitans interna hineingewachsen, hat sich dort in zahlreichen Verästelungen ausgebreitet und sendet in die Retina hinein eine Menge kleiner Stämme, die sich, neben den Resten des älteren Gefäßsystems, ebenfalls bis in die innere Körnerschicht verfolgen lassen. Von jener direkten Vascularisierung der Granulosa interna konnte ich beim vorliegenden Stadium keine Spur mehr entdecken, sie scheint demnach gänzlich in Wegfall gekommen zu sein. Die Gefäßausbreitung in jener Bindegewebsschicht, die man von jetzt ab als *Tunica vasculosa Retinae* bezeichnen mag, findet sich übrigens noch nicht im gesamten Gebiete dieser Schicht, geht vielmehr niemals über das Niveau des Augenäquators distalwärts hinaus.

Die Iris ist ziemlich reich an kleineren Gefäßen, die, aus der Chorioidea stammend, über den freien Rand der Regenbogenhaut hinüber in die retinalen Parthieen dieses Augentheiles hineinwachsen. Sie finden sich in einzelnen Ausläufern noch im Gebiete des (retinalen) Ciliarkörpers.

Die Cornea propria zeigt uns in ihren Randparthieen schwache Gefäßschlingen, ihre im Umkreise der Augenachse gelegenen Theile scheinen stets absolut blutleer. Die Sclera führt ganz selten einzelne, sehr kleine Blutgefäße.

Das erwachsene Thier.

Die Arteria centralis, oder hyaloidea tritt an die proximale Linsenfläche und bildet dort, stets proximal an der Membrana hyaloidea verharrend, eine Gefässausbreitung. Von dieser gehen kleine, nicht sehr zahlreiche Stämmchen nach rückwärts in den Glaskörper hinein. Sie dringen aber in diesem nur ganz wenig vor: von einem Erreichen der Netzhaut, geschweige denn einer der inneren Retinafläche folgenden peripherischen Gefässausbreitung im Glaskörper, oder gar einem Eindringen vitrealer Gefässe in die Netzhaut, ist in keinem Falle die Rede.

Die Gefässausbreitung der Tunica vasculosa Retinae ist bis an die Ora serrata vorge-
drungen; von hier aus wird nun die ganze eigentliche Netzhaut versorgt. Die Gefässe dringen senkrecht in die Tiefe der letzteren, unter Abgabe reichlicher Seitenzweige. In der Granulosa externa, und zwar nahe von der distalen Grenze derselben, kommt es zu einer horizontalen Gefässausbreitung, von welcher kleine Gefässschlingen in die äussere Körnerschicht hineingesandt werden. Dieselben lassen sich in dieser gelegentlich noch im Gebiet der Zwischenganglienzellen, niemals jedoch zwischen den Kornzellen antreffen. (Taf. I, Fig. 6.)

Die Blutversorgung von Iris und Ciliarkörper ist dieselbe, wie bei den hochentwickelten Embryonalstadien.

Die Gefässe der Cornea propria sind noch etwas seltener geworden und nunmehr auf die äussersten Randparthien dieser Haut beschränkt.

Zusammenfassung.

Mit dem Bindegewebe der foetalen Augenspalte tritt ein starkes Gefäss, die Arteria centralis oder hyaloidea, ins Innere des Bulbus. Dasselbe zieht sich, ohne Abgabe von Seitenästen, nach der Linse hin, löst sich dort in zahlreiche Verzweigungen auf und umspannt zu einer Zeit, wo eine Membrana hyaloidea noch nicht angelegt ist, jenes Organ in seinem ganzen Umfange, auf diese Weise mit ihrem Perivasculärgewebe die embryonale Tunica vasculosa lentis bildend.

Mit Ausnahme der den Glaskörper distal abschliessenden Membrana hyaloidea, verfällt diese embryonale Gefässhaut der Linse dem Untergange, und die Verzweigungen der Centralarterie finden sich von jetzt ab ausschliesslich proximal von jener Membran; sie umspinnen die proximale Linsenfläche immer noch, jedoch nur soweit, als die Membrana hyaloidea dies zulässt.

Von der Gefässausbreitung in der Linsengegend beginnen dann zunächst einzelne, bald mehrere Aestchen sich wieder nach rückwärts, also proximalwärts, umzubiegen. Immer zahlreicher werdend, durchwachsen sie unter Abgabe von Verzweigungen allmählich den ganzen Glaskörper und dringen endlich, mit Durchbrechung der bereits fertigen Membrana limitans interna, in die Retina ein, die sie bis an die Grenze der äusseren Körnerschicht hin durchsetzen. Die von der Linse herkommenden Aeste werden immer häufiger und es bildet sich eine dem distalen Rande der Retina parallel, distal von der limitans interna verlaufende peripherische Gefässausbreitung im Glaskörper, von der aus dann die Gefässe in die Netzhaut eindringen.

Während dieser Vorgänge hat sich von der Chorioidea her ein Gefässstamm, dorsal vom intraretinalen Sehnerven und parallel zu diesem verlaufend, in die Retina hineingezogen. Von dem-

selben werden zunächst durch rechtwinklig abgesandte Seitenzweige die dem Opticus angrenzenden Parthieen der in Entstehung begriffenen Granulosa interna, sowie weiterhin die proximal von dieser gelegenen Retinatheile versorgt. Dann wächst sie in der alten Richtung weiter in die zwischen Opticus-, resp. Bindegewebsfaserschicht und limitans interna von der Centralarterie aus gebildete Bindegewebschicht hinein und breitet sich in dieser unter reichlicher Verästelung aus. Es entsteht so die Vascularisation der Tunica vasculosa Retinae. Von dieser aus dringen nun ebenfalls zahlreiche Aeste in die Retina ein. Sie durchziehen sie unter weitgehender Verzweigung bis in die distalen Parthieen der Granulosa externa. Dort bildet sich abermals eine flächenhafte Gefässausbreitung, von welcher aus zahlreiche Gefässschlingen in die äussere Körnerschicht, etwa bis ins Gebiet der Zwischenganglienzellen, geschickt werden. In demselben Masse, wie das neue Gefässsystem in der Netzhaut sich ausbreitet, tritt das erste, von den Glaskörpergefässen aus gebildete, zurück und verschwindet allmählich ganz. Wie die Ausbreitung des neuen, so geht auch die Reduktion des alten Systems vom Augenhintergrund aus und schreitet gegen den distalen Augenpol hin in der Netzhaut fort. Aber nicht nur in dieser, sondern auch im Glaskörper selbst bildet sich das alte Gefässnetz immer mehr zurück. Bei vielen Augen erwachsener Maulwürfe findet sich in den proximalen zwei Dritttheilen des Glaskörpers keine Spur mehr von Gefässen, dieselben sind vielmehr wieder auf die Gegenden des hinteren, proximalen Linsenpols beschränkt.

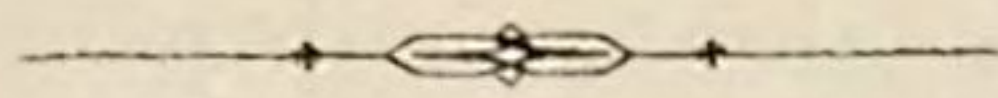
Diejenigen Aeste der chorioidealen Arterie, welche eine direkte Versorgung der entstehenden Granulosa interna bezweckten, kommen mit Vollendung des neuen Gefässsystems wieder in Wegfall.

Ueber die Herkunft der Gefässe der Chorioidea selbst wurde im Zusammenhange mit der Entstehung dieser Haut gesprochen.

Die Iris wird von ihrem chorioidealen Theile aus mit Gefässen versehen, die über den freien Irisrand hinüber in die retinalen Theile derselben, bis in den Ciliarkörper hineinwachsen.

Dieselbe Abstammung haben die vorübergehend vorhandenen Gefässe der Membrana Descemetii, sowie das auf gewissen Embryonalstufen der Iris vorgelagerte grosse Ringgefäss. Auch die, anfangs reichlichen, mit fortschreitender Entwicklung immer seltener werdenden, schliesslich auf die Randparthieen beschränkten Gefässe der Cornea propria leiten sich aus Stämmen der Chorioidea ab.

O. Schultze¹⁾ und Voll²⁾ beschreiben ebenfalls eine der Retina selbst angehörige Schicht, die sie Membrana vasculosa Retinae nennen, als den Ort, von welchen aus die Retina ihr Gefässsystem erhält. Doch bestreiten diese Forscher aufs Bestimmteste, dass jemals im embryonalen, oder postembryonalen Leben Glaskörpergefässe in die Netzhaut eindringen, verlegen ausserdem die Entstehung und Vascularisation jener „Membran“ auf eine sehr frühe Embryonalstufe. Ob, und wie weit dies für die Säugethiere im Allgemeinen zutrifft, vermag ich zur Zeit nicht zu entscheiden, auf den Maulwurf sind die Befunde dieser beiden Autoren aber jedenfalls nicht anwendbar.



¹⁾ A. a. O.

²⁾ A. a. O.

Erklärung der Tafeln.

Allgemeine Bezeichnungen:

A.B.St. Augenblasenstiel	G. Gehirn
A.c. Arteria centralis Retinae	G.H. Gehirnhöhle
A.G. Aeussere Ganglienzellen, resp. äussere Ganglienschicht	G.K. Gehirnkapsel
A.K. Aeussere Körner(zellen)	Gr.e. Granulosa externa
Ag.K. Augenkapsel.	Gr.i. Granulosa interna
	G.W. Gehirnwandung.
Bdg.F. Bindegewebsfasern.	H.Dr. Harder'sche Drüse.
C. Cornea	I. Iris
C.c. Corpus ciliare	I.G. Innere Ganglienzellen
Ch. Chorioidea	I.Gf. Irisgefäss
Cj. Conjunctiva	I.K. Innere Körner(zellen).
Cj.S. Conjunctivalsack	K. Korn
C.p. Cornea propria	Kn. Knorpel (der Gehirnkapsel)
C.S. = Cj.S.	K.Z. Kornzellen
Ct. Cutis.	K.S. Körnerschicht.
dist. distalwärts	L. Linse
dors. dorsalwärts	L.E. Linsenepithel
Dr. Drüse.	L.e. Membrana limitans externa, resp. Margo limitans externus
E.G. Eingeschobene Ganglienzellen	L.f. Lamina fusca
Ep. Epidermis.	L.H. Linsenhöhle
F. Fornix Conjunctivae	L.i. Membrana limitans interna resp. deren Vorstufen
F.C. = F.	L.K. Linsenkapsel.
F.o.L. Fornix des oberen Augenlides; oberer Lid- winkel	M.c. Musculus ciliaris
F.u.L. Fornix des unteren Augenlides; unterer Lidwinkel	M.D. Membrana Descemetii
F.S. Faserschicht.	M.F. Müller'sche Faser; Stützfaser
	M.h. Membrana hyaloidea

M.l.e.	= L.e.	S=Sch.	Scheide
M.l.i.	= L.i.	S.A.	Sehzellanlage
M.p.	Membrana pupillaris	Sc.	Sclera
M.o.s.	Musculus obliquus superior	Sc.Ch.	Sclero-Chorioidea
M.o.if.	" " inferior	S.E.	Sehelement
M.r.if.	" rectus "	St.	Stäbchen
M.r.s.	" " superior	St.F.	= M.F.
N.o.	Nervus opticus.	St.K.	Stäbchenkorn(zelle)
O.	ora serrata	Str.c.	Stratum corneum
O.F.	Opticusfasern	St.Z.	Stützzelle
O.G.	Opticusganglienzellen	S.Z.	Sehzelle (I erster, II zweiter Serie).
O.L.	Oberes Auglid	Thr.R.	Thränenröhrchen
or.	oralwärts.	Thr.S.	Thränensack
P.E.	Pigmentepithel	T.v.R.	Tunica vasculosa Retinae.
p.H.	Höhle der primären Augenblase	U.L.	Unteres Auglid.
p.r.I.	pars retinalis Iridis	V.	Glaskörper
prox.	proximalwärts.	V.L.S.	Verschlusspfropf der Lidspalte
R.	Retina	V.Z.	Vergrößerungszellen (zur Vermehrung der Grundsubstanz) der Retina.
R.A.c.	aus dem Glaskörper in die Retina eindringende Aeste der Arteria centralis	Z.	Zapfen
R.A.G.	Reserveelemente für die äusseren Ganglienzellen	Z.F.	Fortsätze der Pigmentepithelzellen
R.I.G.	Reserveelemente für die inneren Ganglienzellen	Z.G.	Zwischenganglienzellen
R.O.G.	Reserveelemente für die Opticusganglienzellen	Z.K.	Zapfenkorn(zelle)
R.M.	Rete Malpighii.	Z.M.	Zwischenmembran.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1–6. Schematisch. Bulbus und Blutversorgung.

Fig. 1. Stad. III, 8,5 mm. Vg. 50.

Fig. 2. Stad. V, 11 mm. Vg. 50.

Fig. 3. Stad. VI, 13 mm. Vg. 150.

Fig. 4. Stad. X, 27,5 mm. Vg. 100.

Fig. 5. Stad. XI, 32 mm. Vg. 100.

Fig. 6. Erwachsenes Thier. Vg. 50.

Fig. 7. Schemat. Oberes Augenlid. Zur Feststellung der gewählten Bezeichnungen.

Fig. 8. Lidspalte kurz vor dem vollständigen Verschlusse durch Epithelpfropf. Stad. VIII, 19,7 mm. Vg. 150.

Fig. 9. Lidspalte. Abnorme Ueberwachsung des unteren Lides durch das obere. Stad. XI, 32 mm.

Fig. 10. Hardersche Drüse. Stad. VIII, 19,7 mm. Vg. ca. 400.

Fig. 11. u. 12. Anfang des Drüsenganges Dr., Dr. G., welcher Conjunctivalsack mit Mundhöhle verbindet. Stad. V, 11 mm. Vg. ca. 100.

Fig. 13. Anlage eines Thränenröhrchens. Stad. V, 11 mm. Vg. 100.

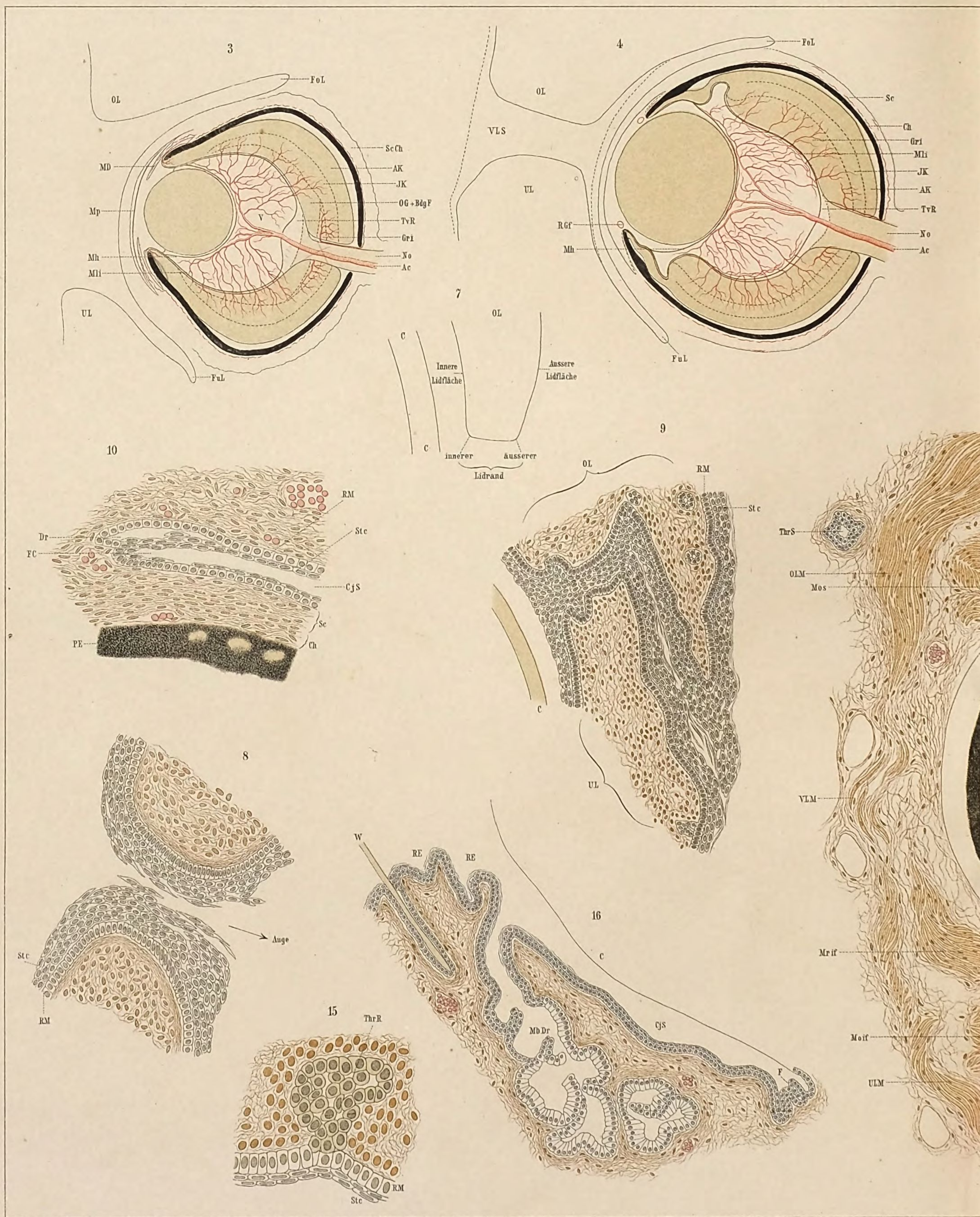
Fig. 14. Thränenröhrchen und Hardersche Drüsenanlage. Stad. VI, 13 mm, Vg. 100.

Fig. 15. Anlage des Thränenröhrchens im oberen Lid. Stad. V, 11 mm.

Fig. 16. Unteres Lid, mit Wimper W und Meibohmscher Drüse Mb.Dr.; Fornix. Erwachsenes Thier.

Fig. 17. Muskelapparat für die Augenlider. L.M. Lidmuskel, O.L.M. Lidmuskel für das obere, U.L.M. für das untere Lid, V.L.M. Verbindungstheil der beiden Muskelparthieen in Gegend des proximalen Augenpoles. Erwachsenes Thier. Vg. ca. 120.

Fig. 18. Eintritt der Centralarterie in den Glaskörper und des die Tunica vasculosa Retinae versorgenden Gefäßes A.T.v. in diese Schicht. Erwachsenes Thier. Vg. ca. 300.



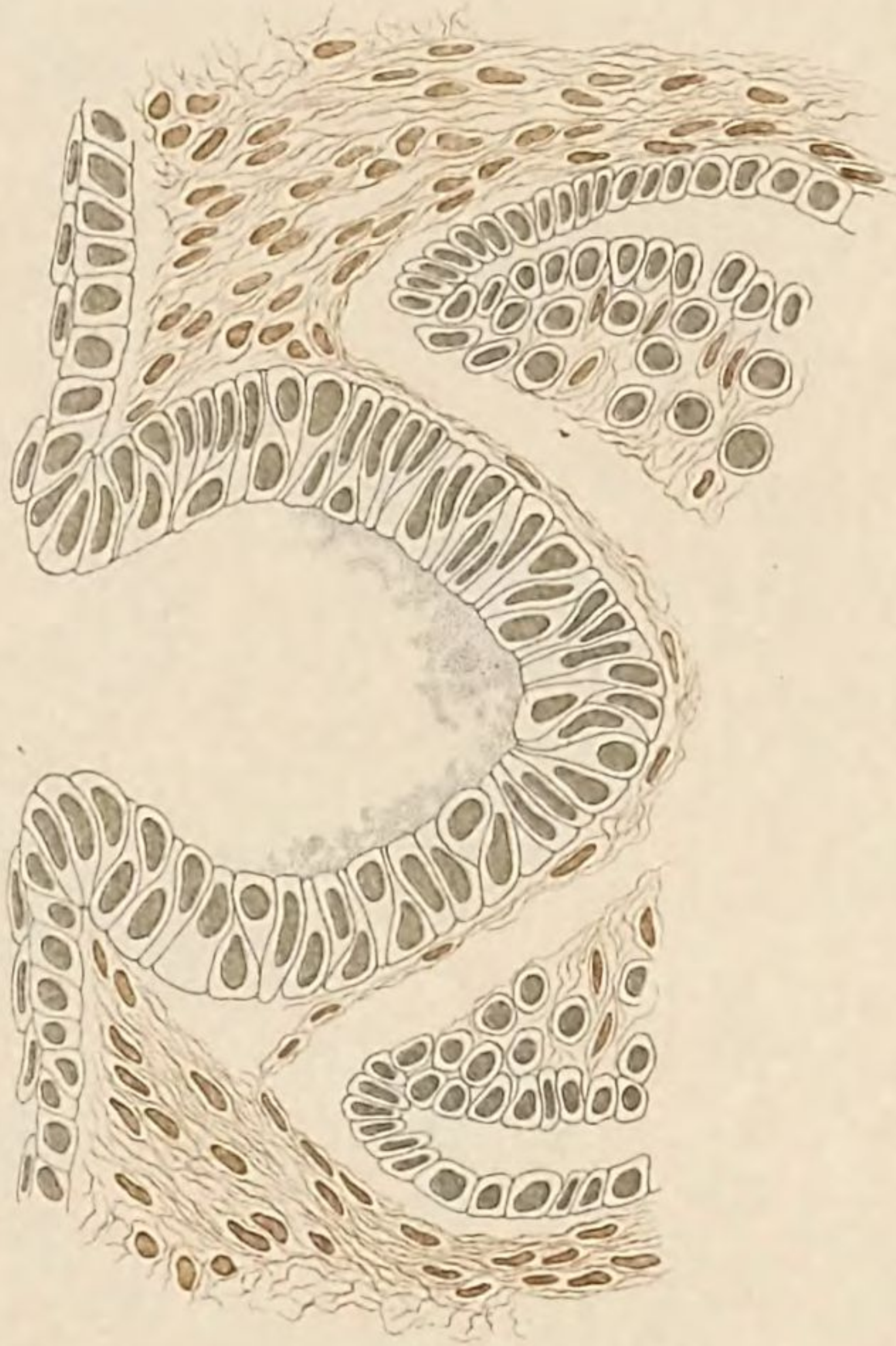


Erklärung der Abbildungen.

Tafel II.

- Fig. 19. Linsengrube und Augenbecherrand. Stad. I, 4,5 mm. Vg. 400.
- Fig. 20. Dasselbe Stadium. Schnitt nicht durch Mittelpunkt, daher Linsenanlage im Anschnitt. Einwanderung von Bindegewebe in Glaskörperraum und Retina. Augenkapsel und Cornea. Vg. 400.
- Fig. 21. Linsenblase und Augenbecher. Zwei bis drei Kernschichten in der aus einer Zellenlage gebildeten Linsenblasenwand. Anfang des Eindringens der Chorioidea am proximalen Augenpol zwischen Augenkapsel und Pigmentepithel. Anfang einer Pigmentierung des letzteren. Bindegewebe der foetalen Augenspalte. Stadium II, 6,7 mm. Vg. 300.
- Fig. 22. Linse und Irisanlage. Cornea und Membrana Descemetii. Pupillarmembran. Anlage einer Zonula Zinnii A.Z.Z. Stad. III, 8,5 mm. Vg. 400.
- Fig. 23. Linse. Irisanlage mit vorgelagertem Ringgefäß RGf. Cornea. Stad. IX, 22,3 mm. Vg. 250.
- Fig. 24. Linsenblase und Augenbecherrand. Cornea und Pupillarmembran. Stad. IV, 10 mm. Vg. 300.
- Fig. 25. Linse, Irisanlage, Cornea und Lidränder. Stad. V, 11 mm. Vg. 300.
- Fig. 26. Linse, Irisanlage und Cornea. Lider und Verschlusspfropf. Stad. VII, 17 mm. Vg. 250.
-

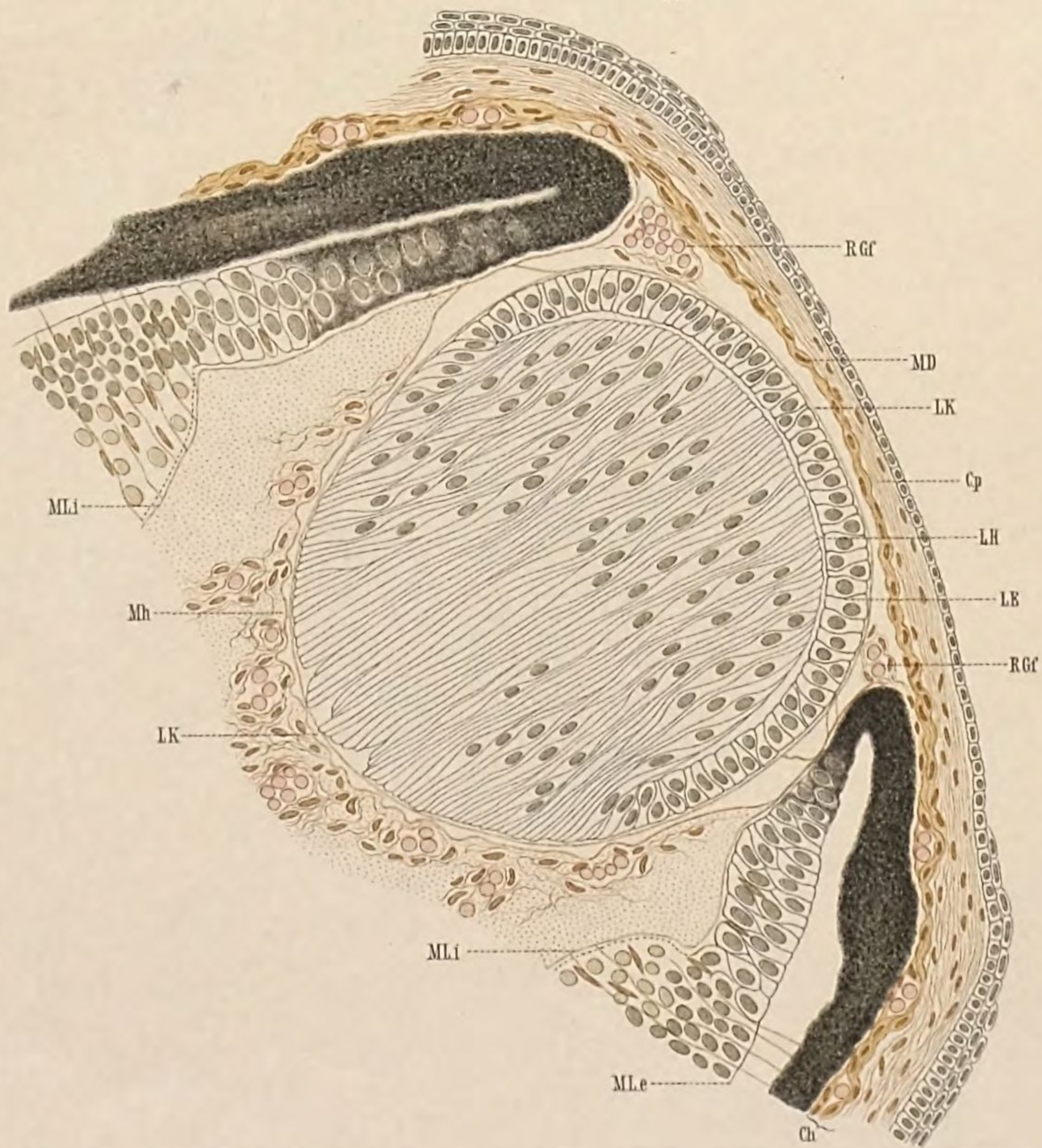
19



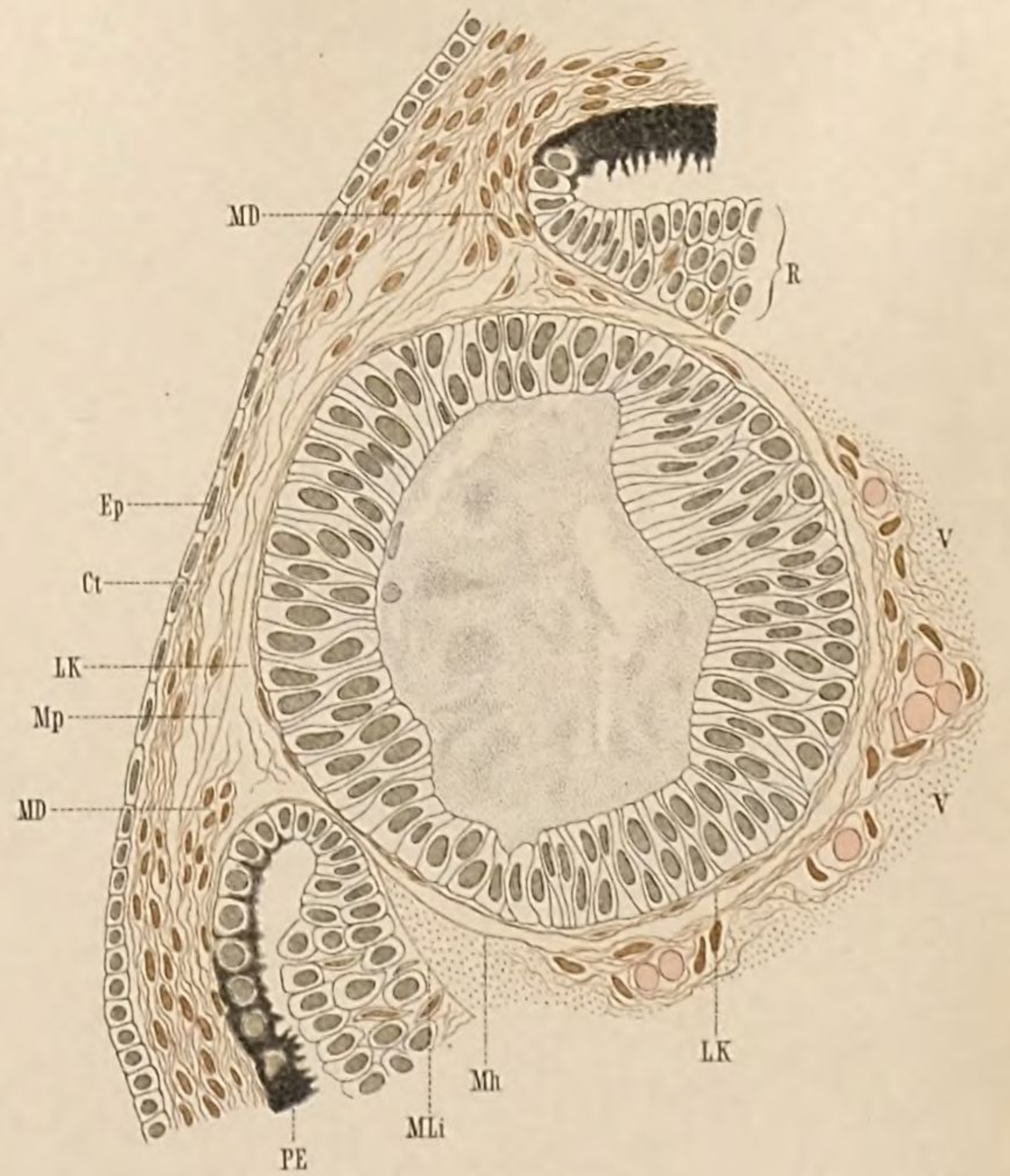
20



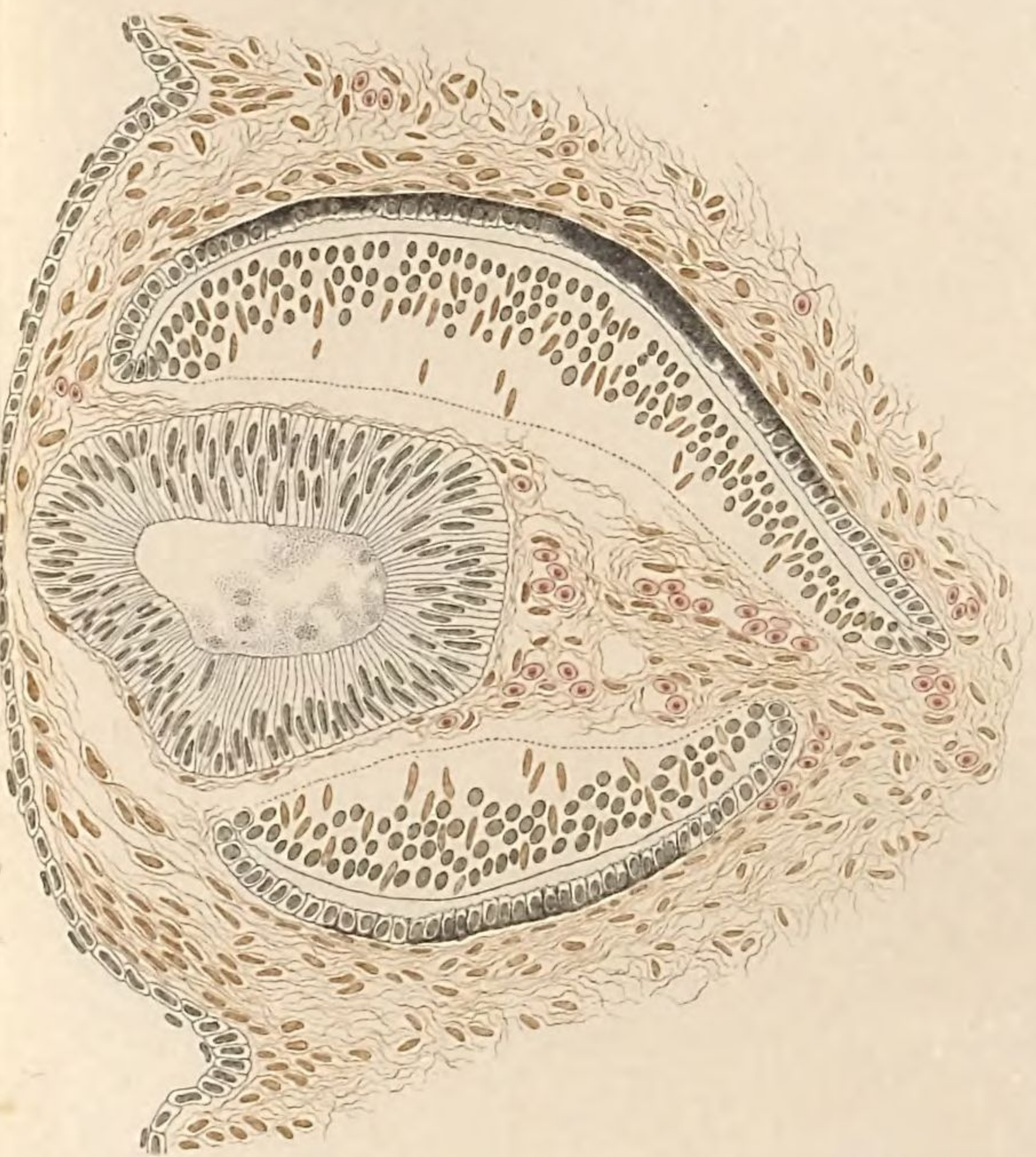
23



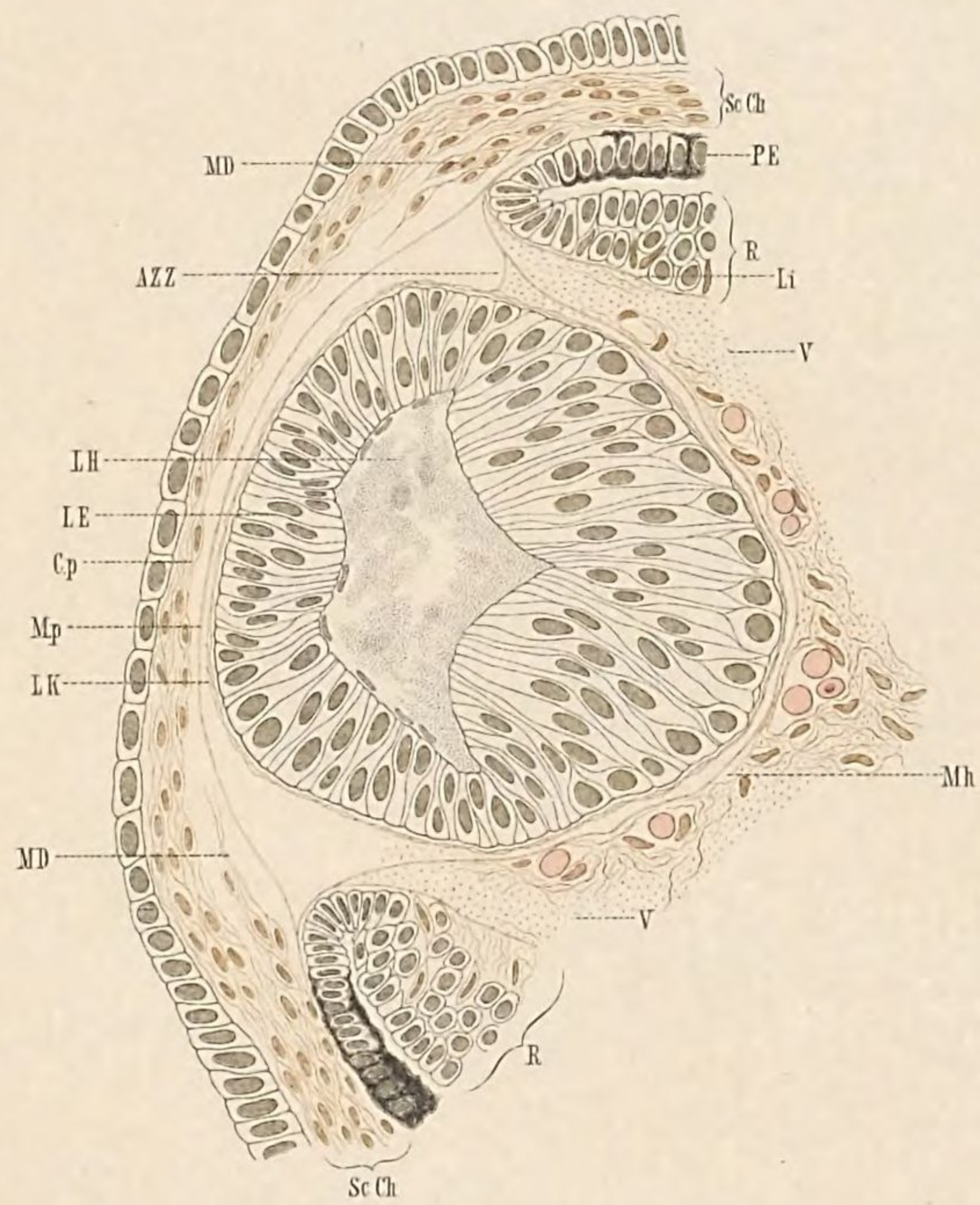
24



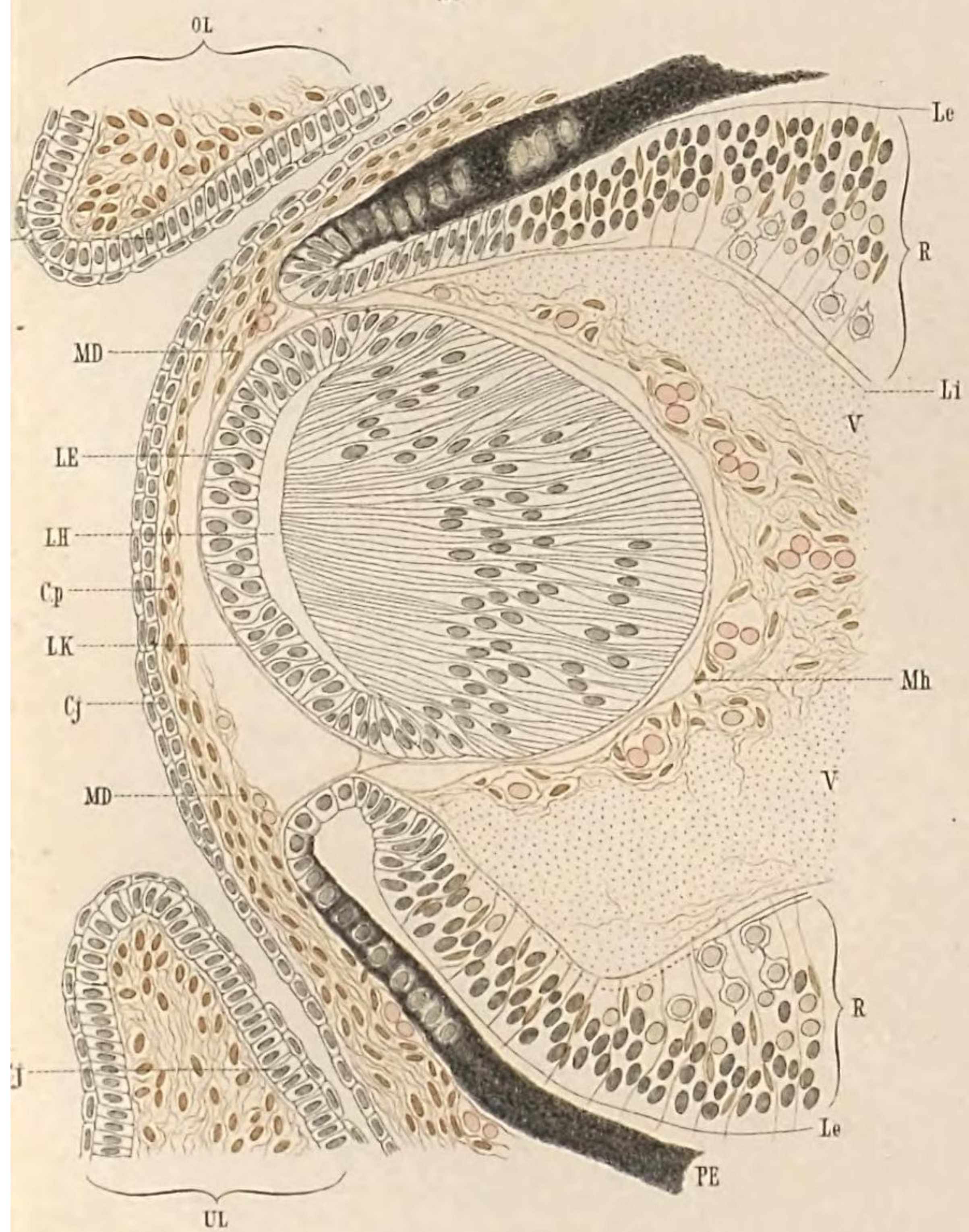
21



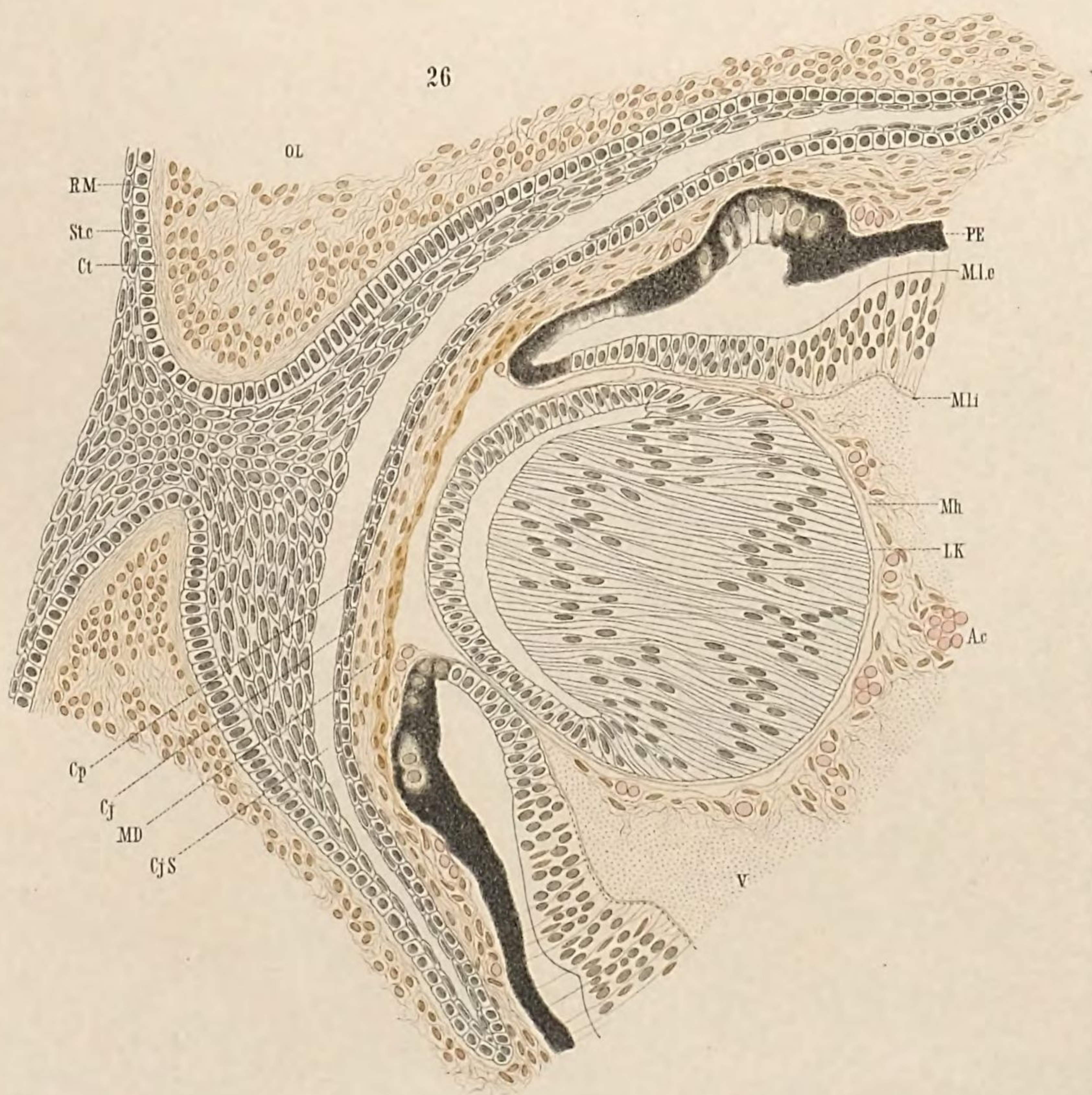
22



25



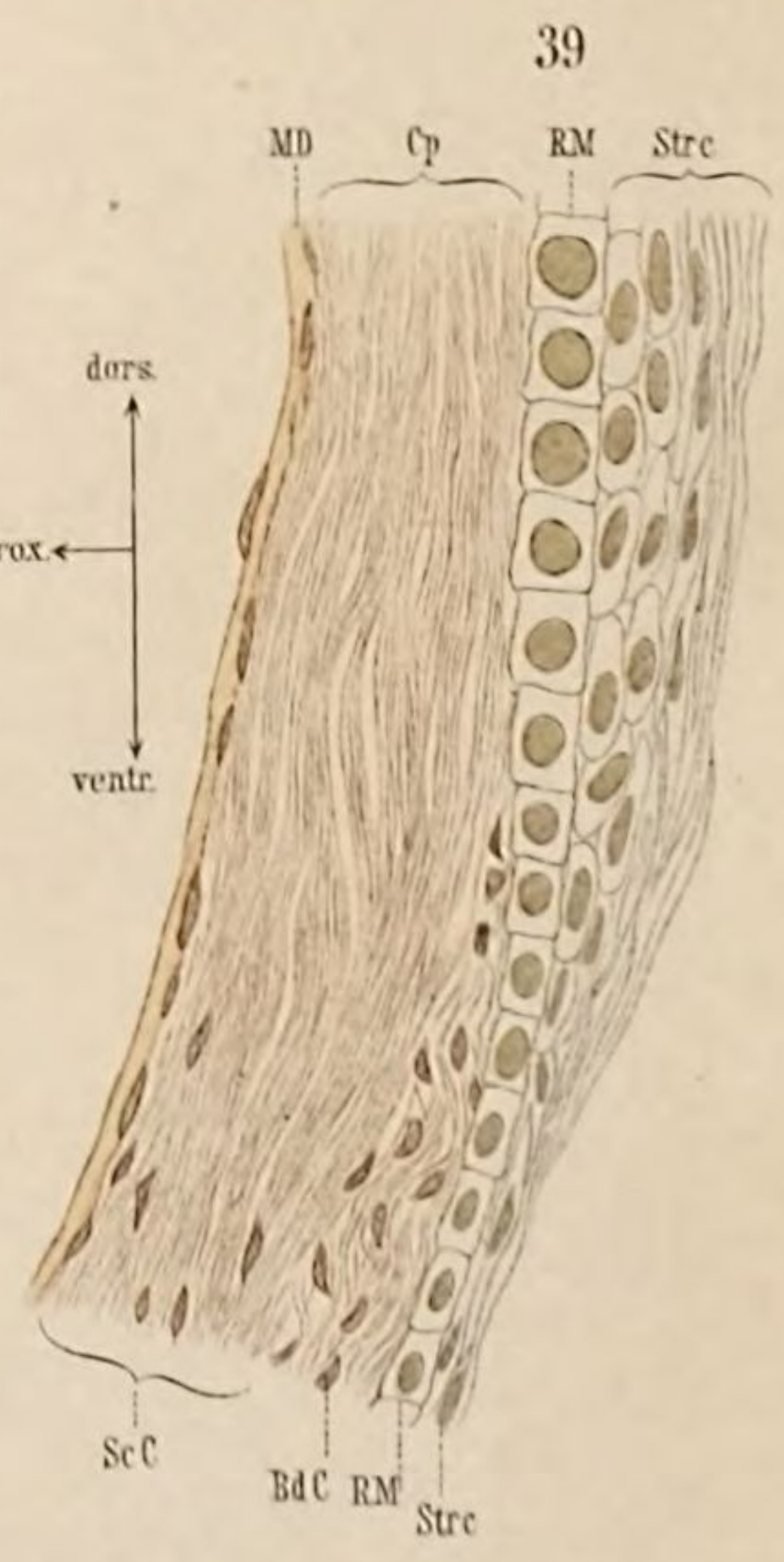
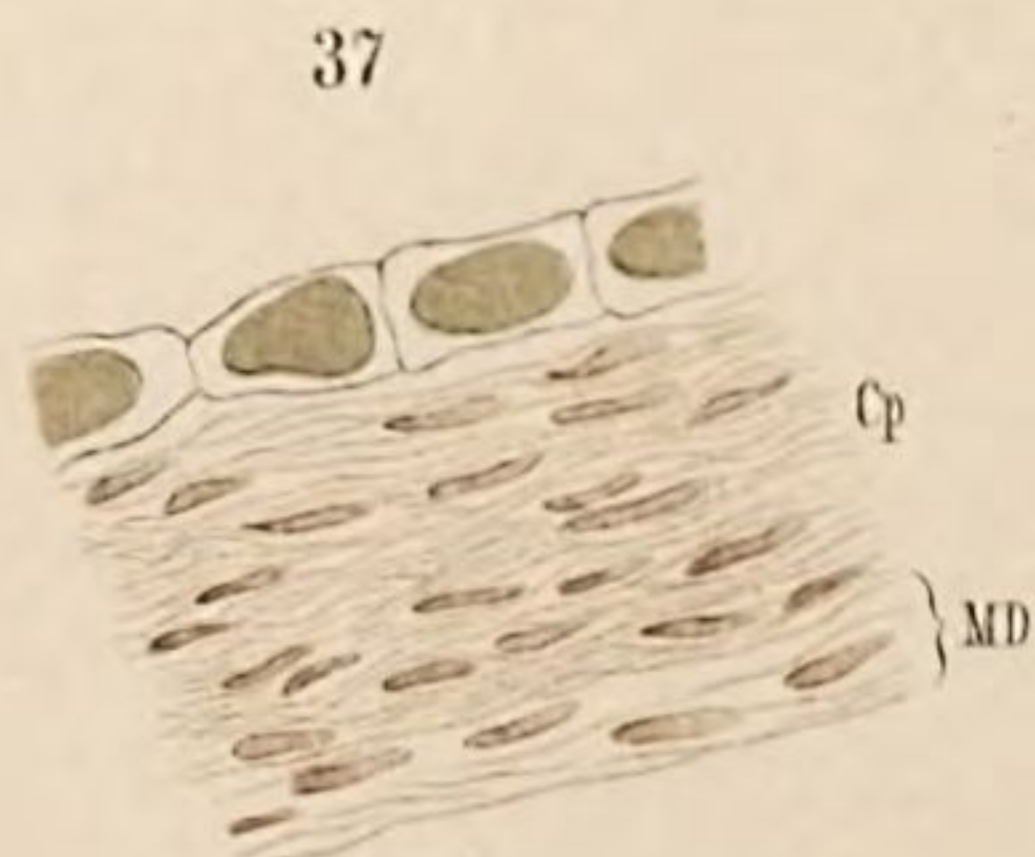
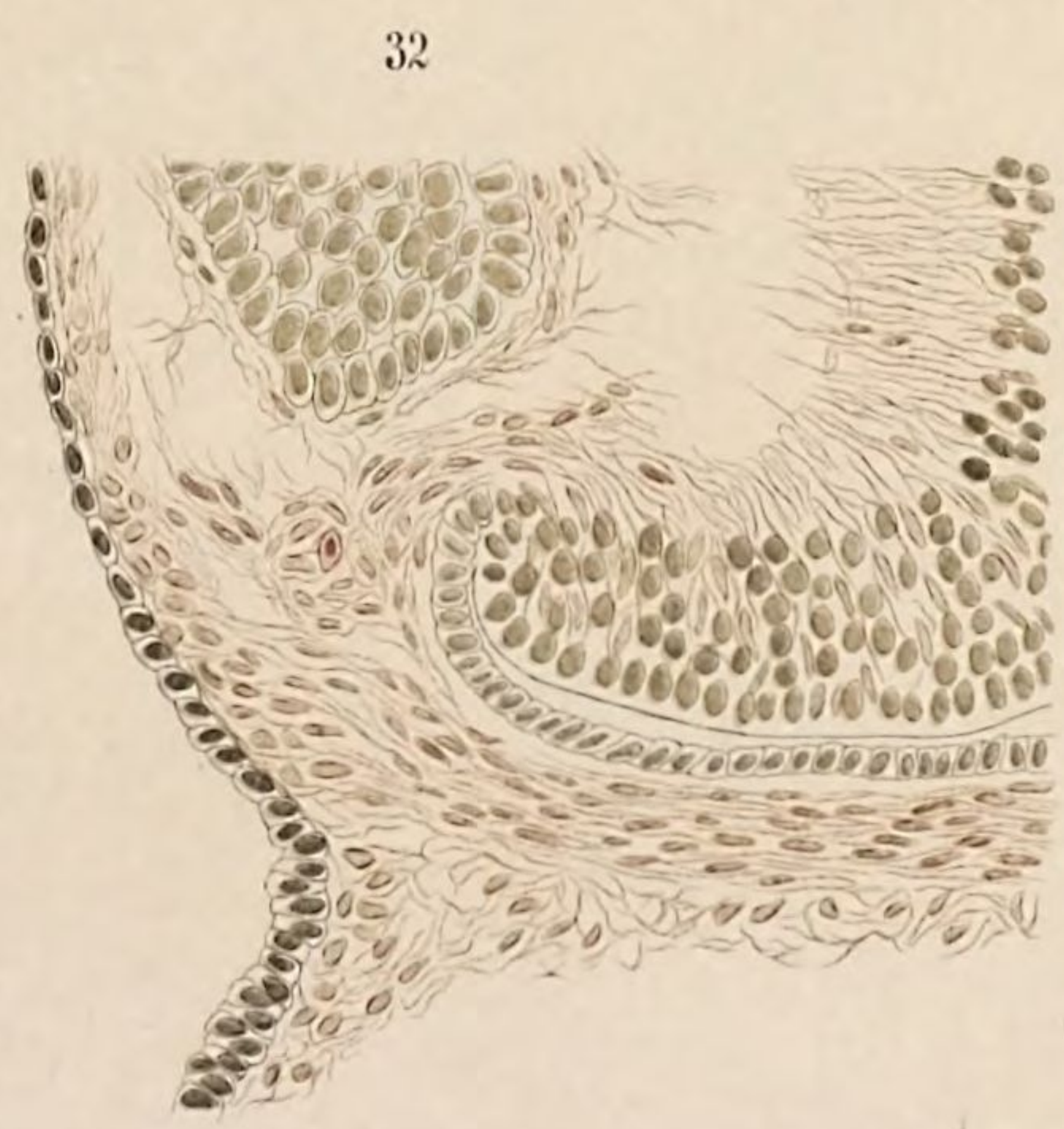
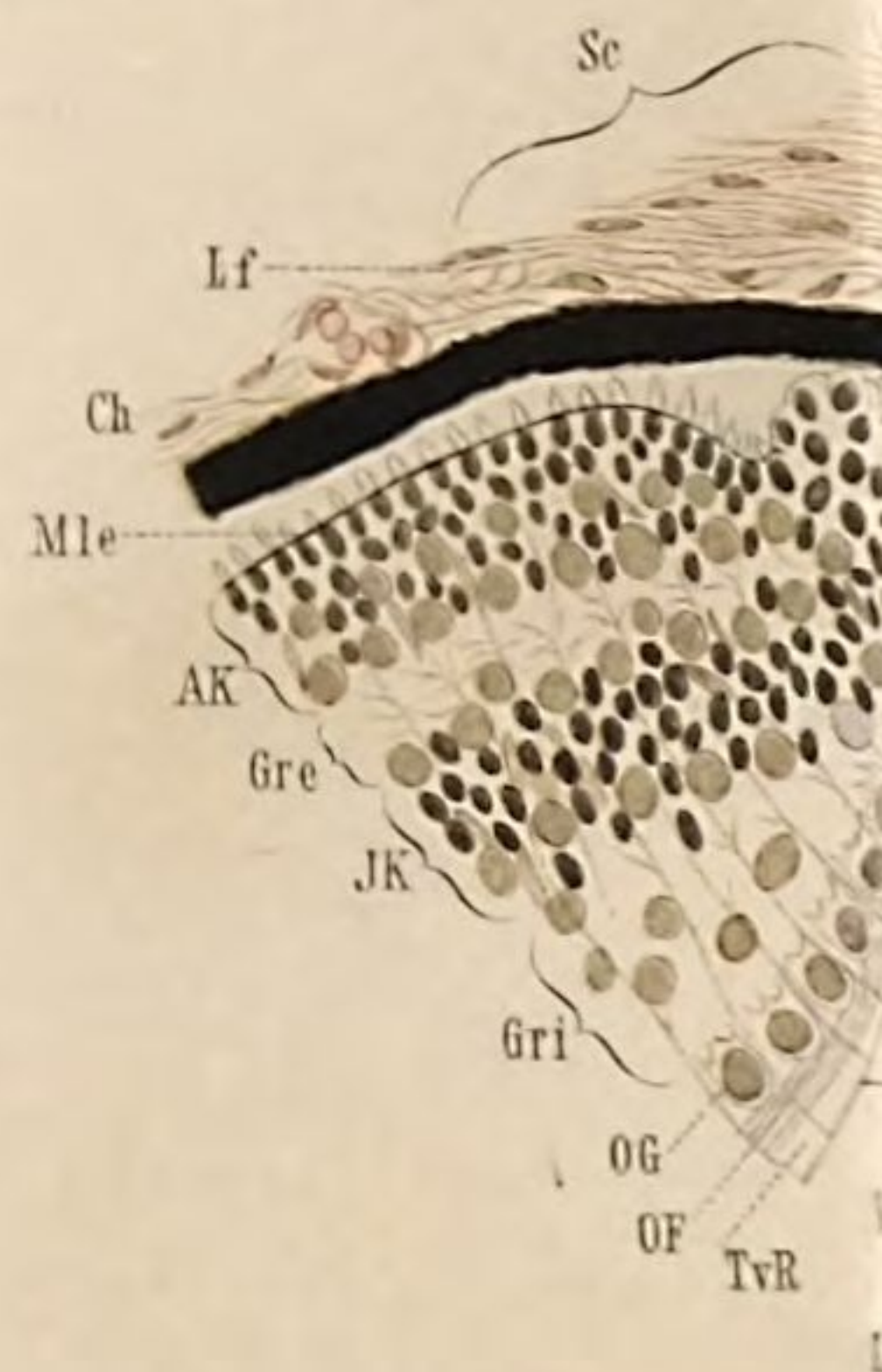
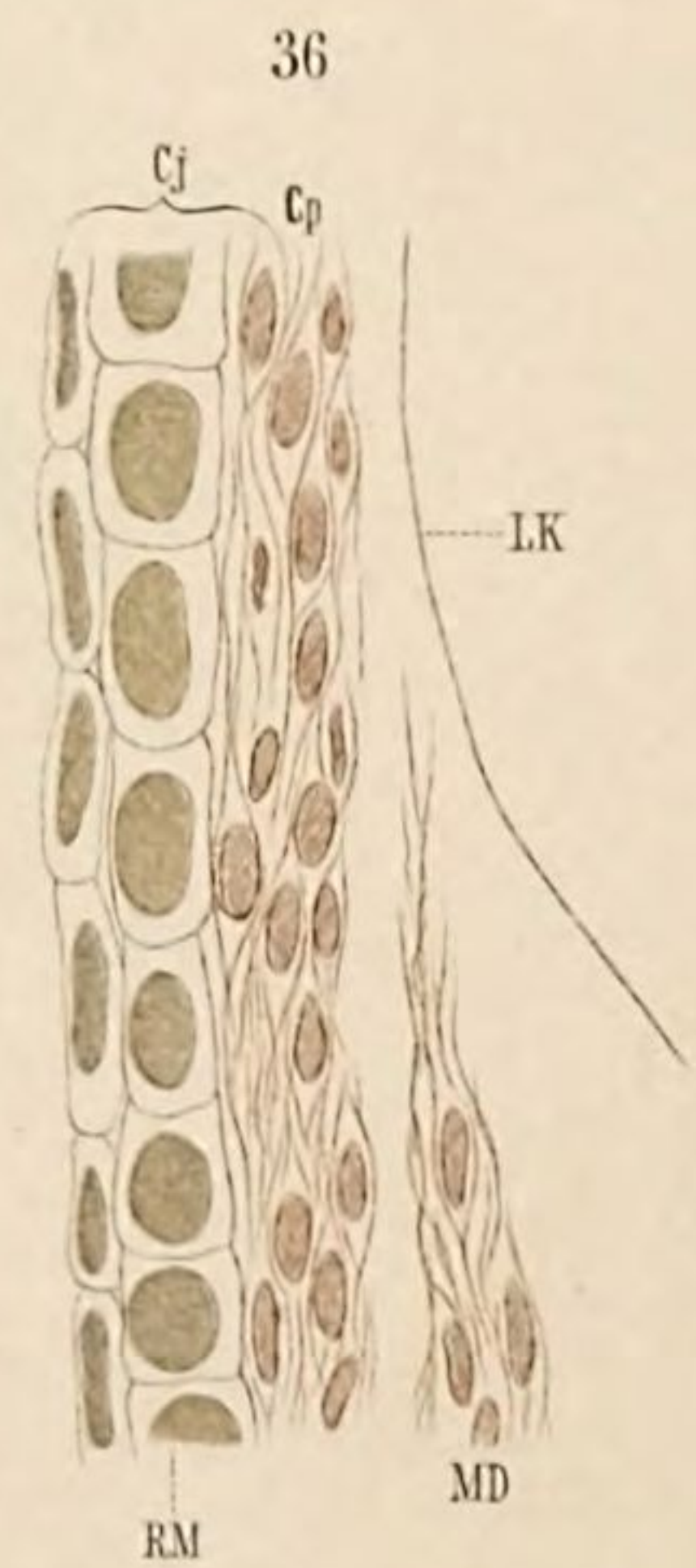
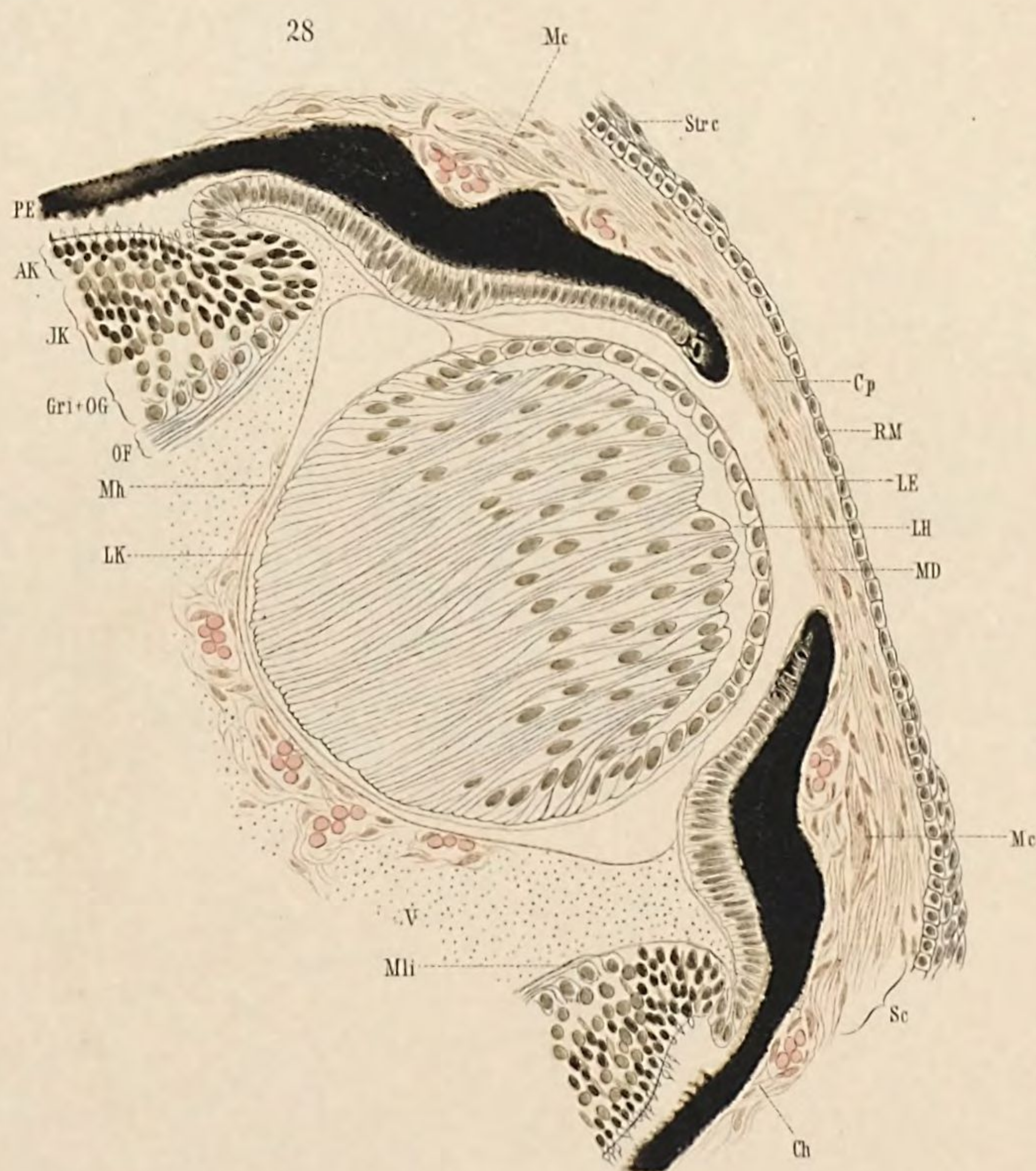
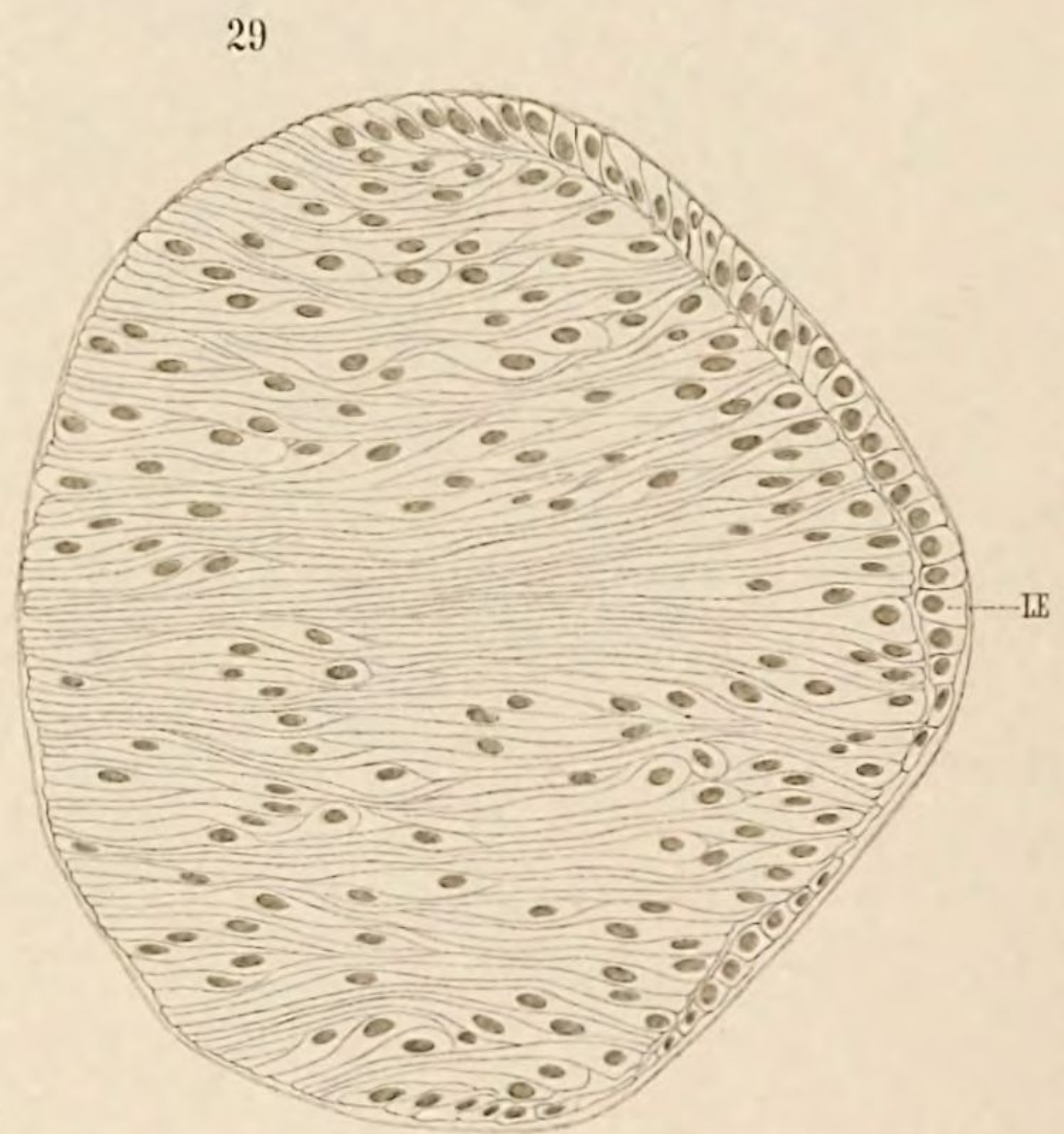
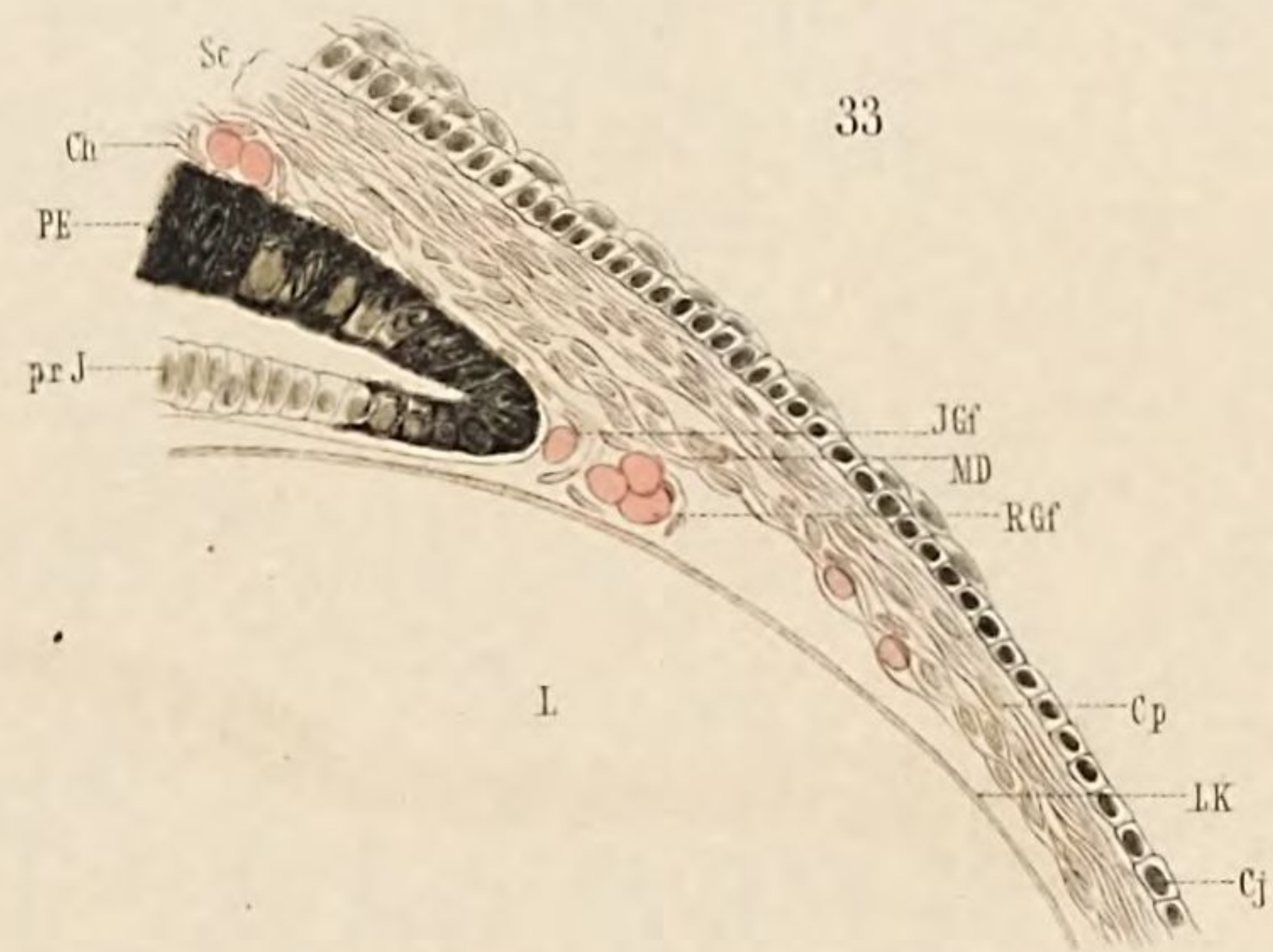
26



Erklärung der Abbildungen.

Tafel III.

- Fig. 27. Linse und Iris. Distale Abschnitte der Retina mit der Uebergangszone U.Z. (Ora serrata.) Cornea. Stad. X, 27,5 mm. Vg. 200.
- Fig. 28. Linse, Iris, Ciliarmuskel. Stad. XI, 32 mm. Vg. 200.
- Fig. 29—31. Linsen erwachsener Thiere. Vg. 150.
- Fig. 29. Starke Vorwölbung der distalen Linsenfläche. Formänderung der Epithelzellen durch die Andrängung der Fasern. Linse besteht aus Zellen und Fasern.
- Fig. 30. Fast ausschliesslich aus Zellen gebildet.
- Fig. 31. Vorwiegend aus Fasern. Formänderung der Linse durch Druck der Iris.
- Fig. 32. Anschnitt der Linse. Unterer Augenbecherrand. Einwandern von Bindegewebe in Glaskörperraum und Retina. Augenkapsel. Stad. II, 6,7 mm.
- Fig. 33. Irisanlage mit dem ihr vorgelagerten Ringgefäss R.Gf. Blut in der Membrana Descemetii. Stad. VIII, 19,7 mm. Vg. ca. 500.
- Fig. 34. Iris und Ciliarkörper. Ciliarmuskel. Bindegewebige Verlängerung der Iris. A.B.L. Aufhängeband für die Linse. Erwachsenes Thier.
- Fig. 35. Iriswinkel mit Ligamentum pectinatum. Erwachsenes Thier.
- Fig. 36. Cornea und Anlage der Membrana Descemetii. Stad. V, 11 mm. Vg. 1000.
- Fig. 37. Cornea. Stad. X, 275 mm.
- Fig. 38. Cornea. Erwachsenes Thier. Vg. 500.
- Fig. 39. Cornea. Abnorme Verstärkung der Conjunctiva, besonders des Stratum corneum vor der Linse. Erwachsenes Thier. Vg. 500.
- Fig. 40. Membrana Descemetii. Erwachsenes Thier. Vg. ca. 500.
- Fig. 41—44. Augenmuskelfasern. Vg. 2000.
- Fig. 41. Stad. V, 13 mm. Längsschnitt. Anfang der Leistenbildung. Scheinbare Querstreifung des Kernes. (Aus Musc. rect. ext.).
- Fig. 42. Stad. VIII, 19,7 mm. Leisten haben zum Theil ganze Faser durchwachsen. (Aus Musc. rect. if.)
- Fig. 43. Aus demselben Muskel. Querschnitte. a) Schnitt durch den Kerntheil, b) durch die Anlage einer Leiste.
- Fig. 44. Erwachsenes Thier. Längsstreifung; Querstreifung in einem Theil der Faser. Sarcolemm Scl. und Spalt.
- Sc.C. Scleroticaler Theil der Cornea. Bd.C. derjenige Theil der Cornea, der aus dem bulbusumhüllenden Bindegewebe der weiteren Augenumgebung hervorgeht.

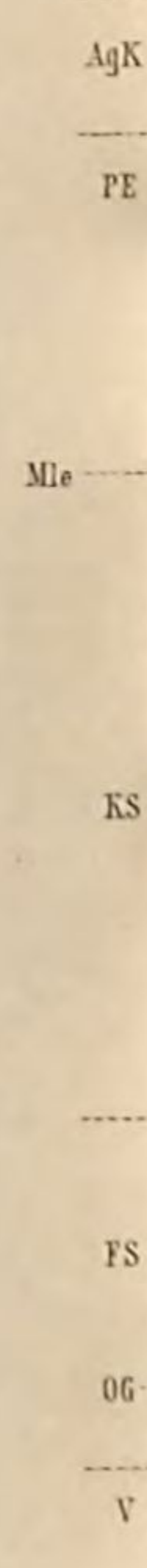
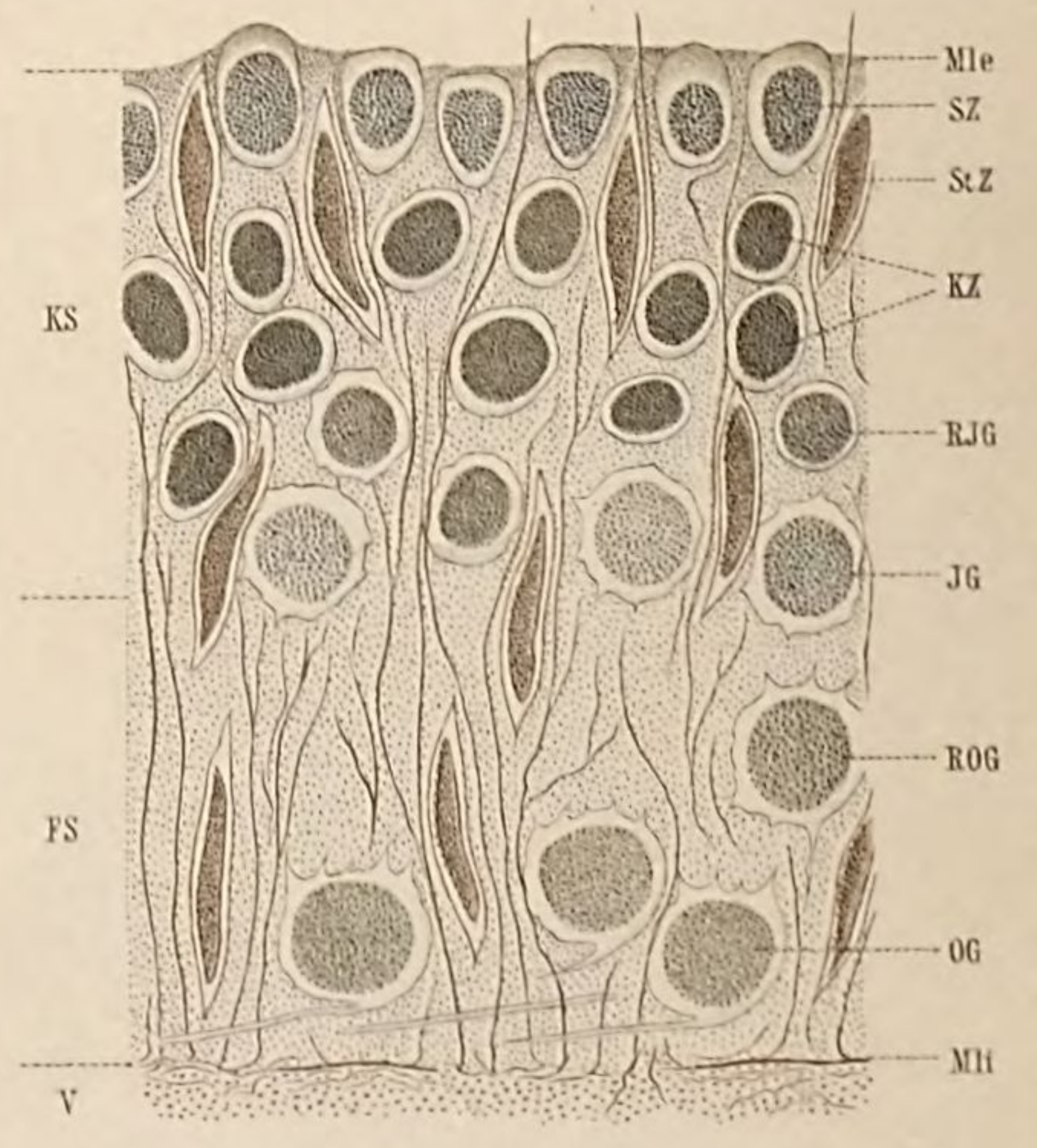
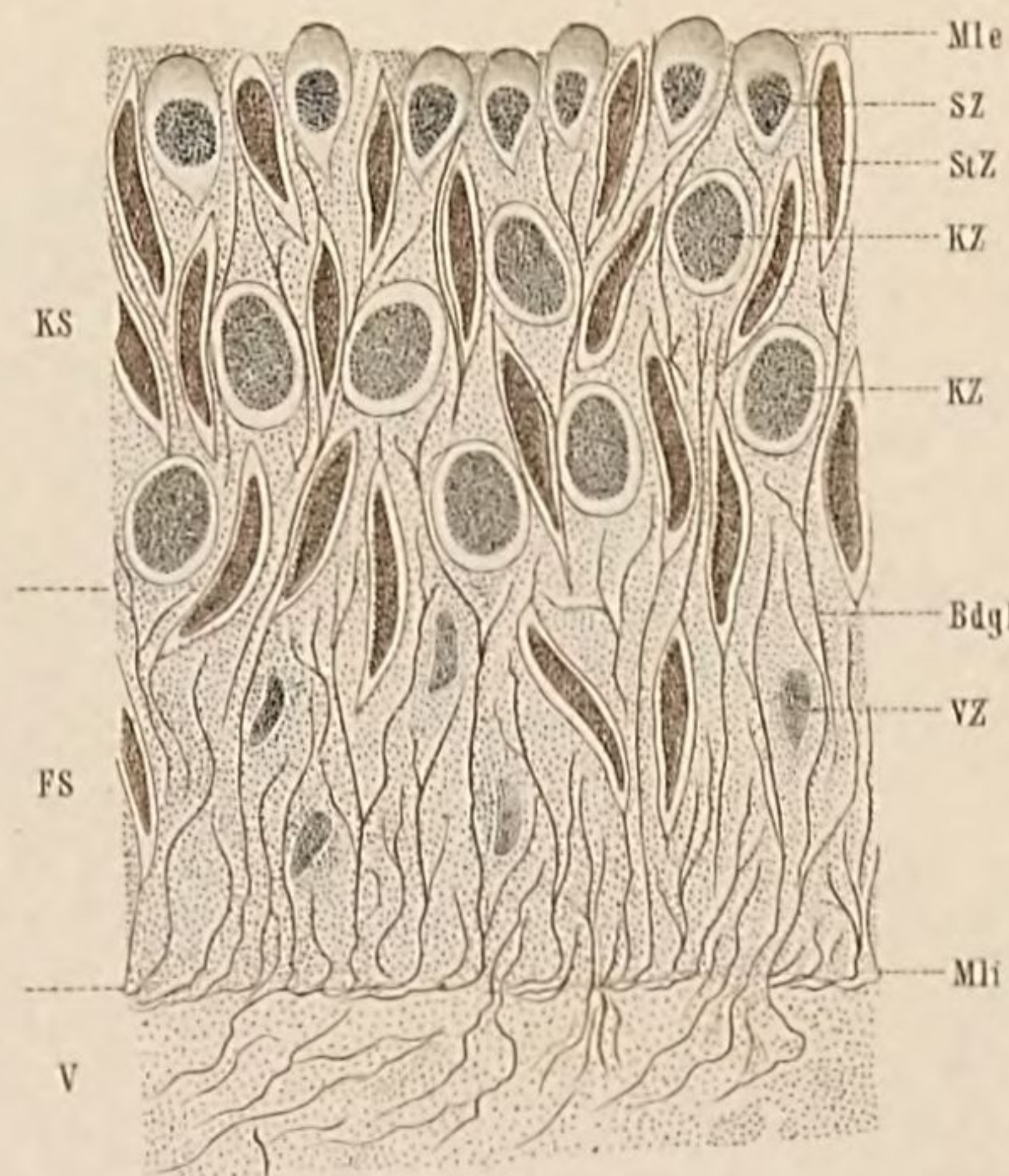
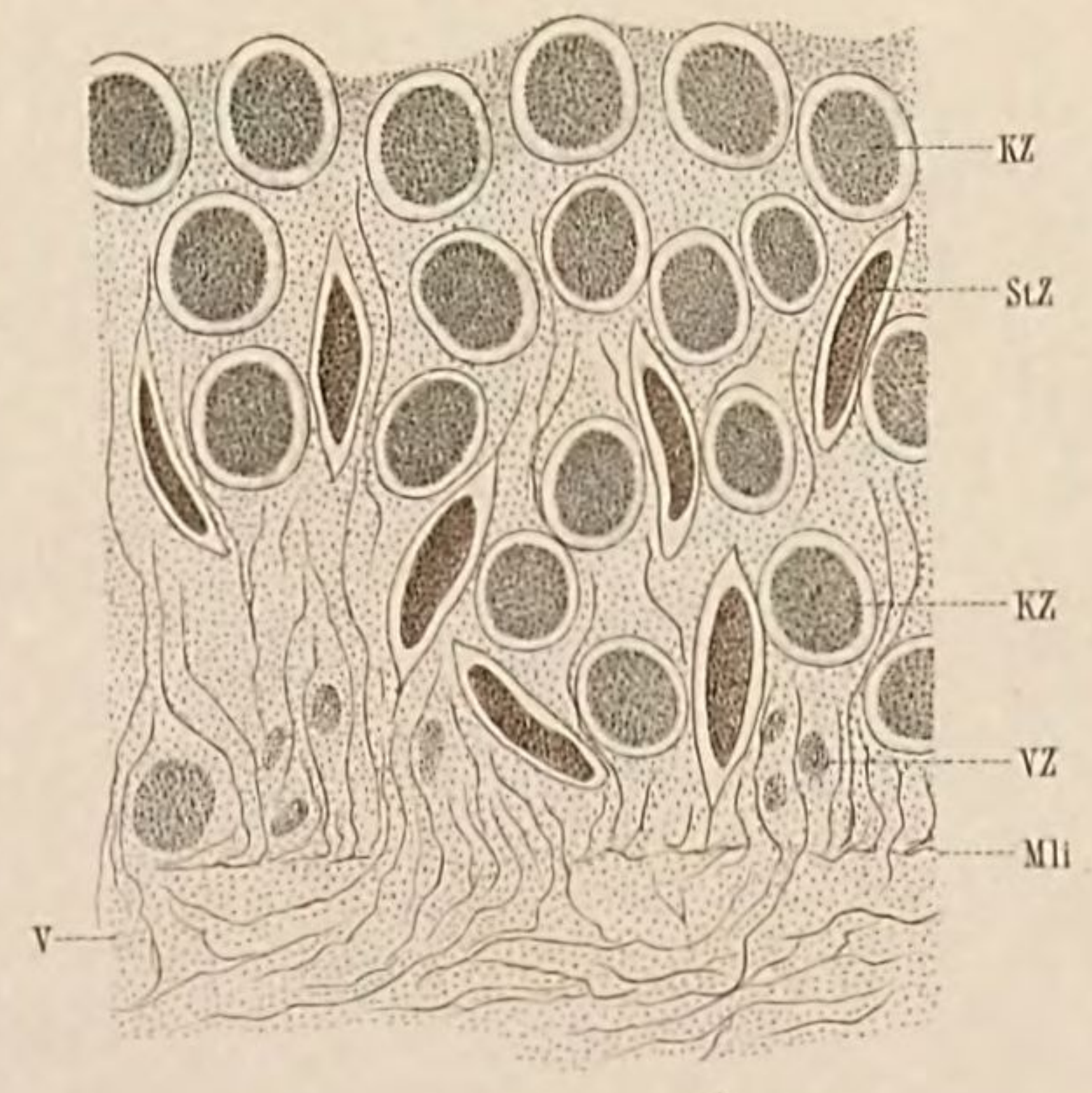
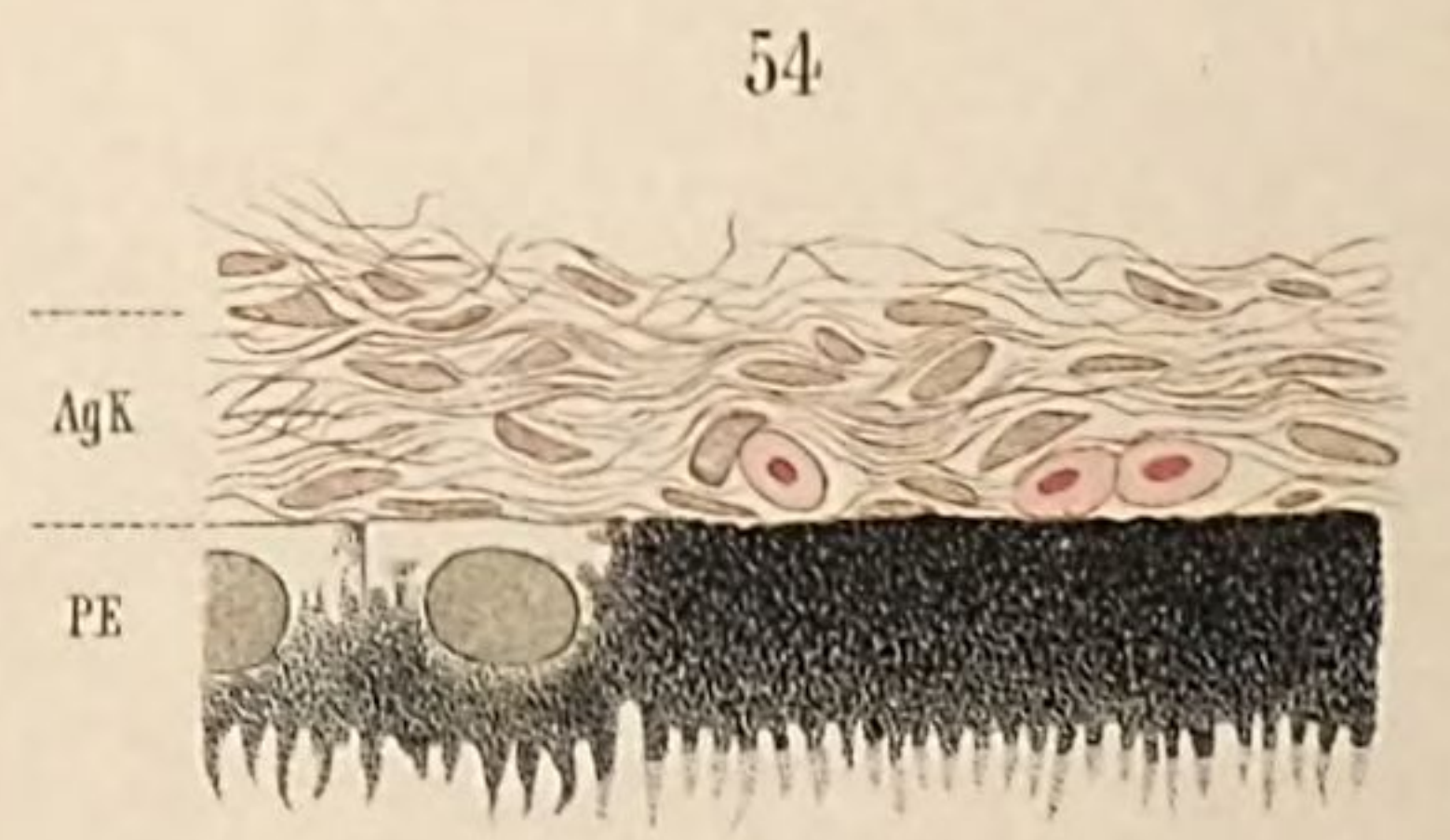
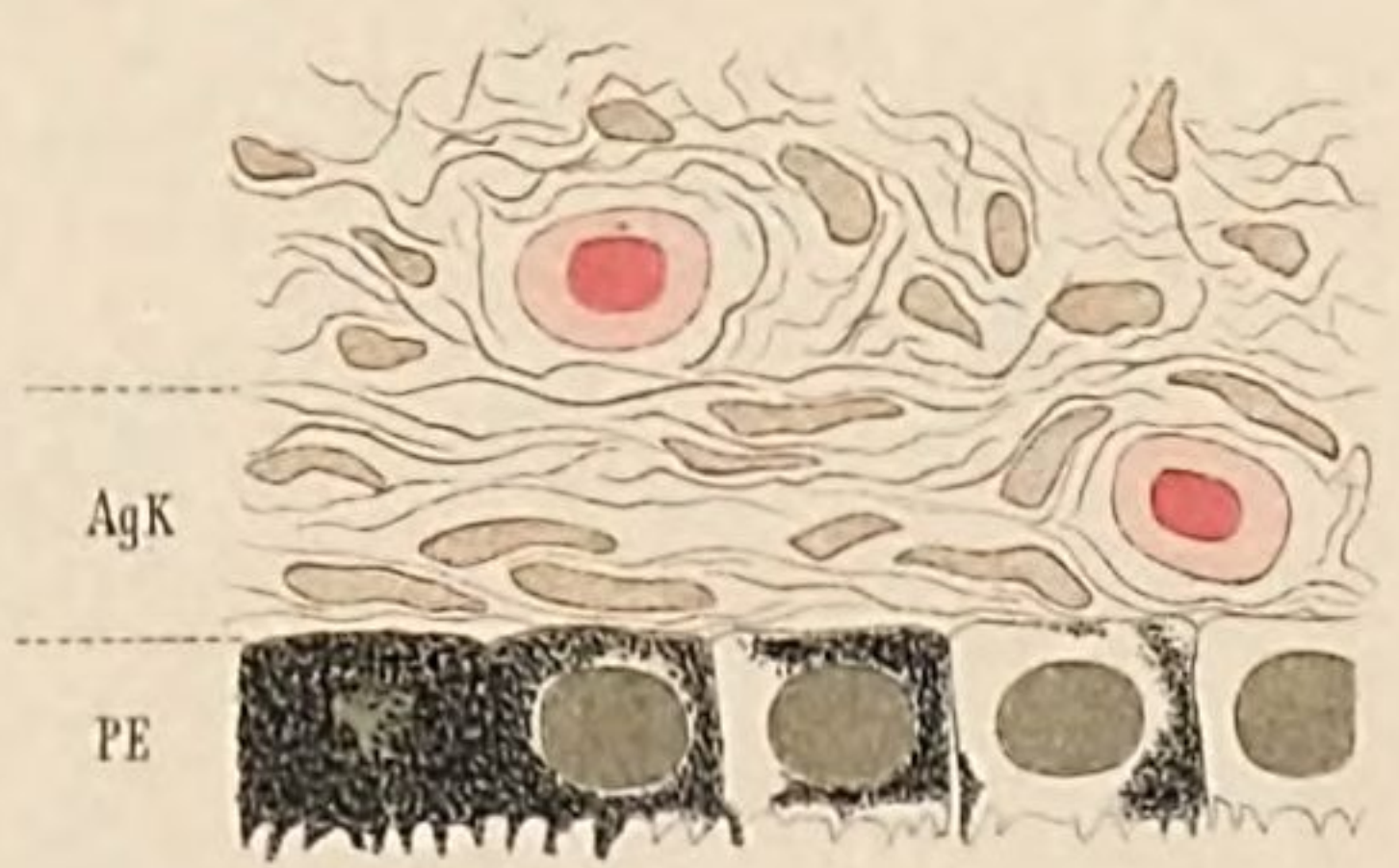
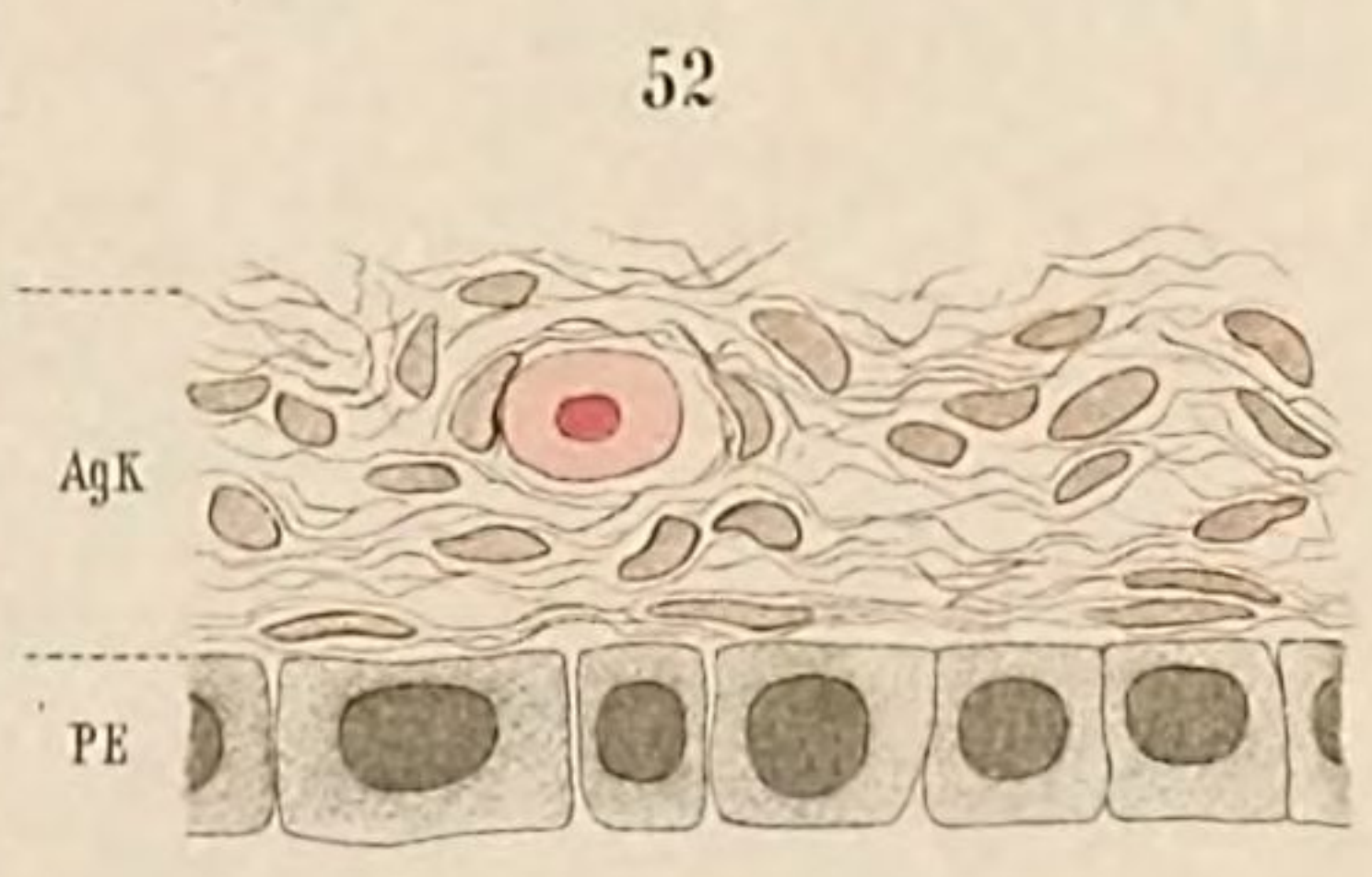
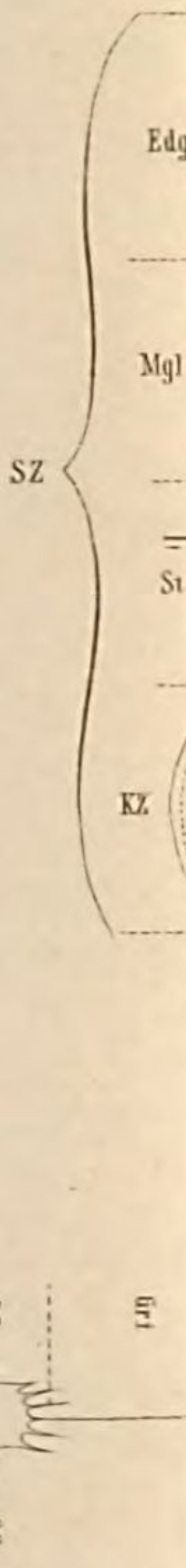
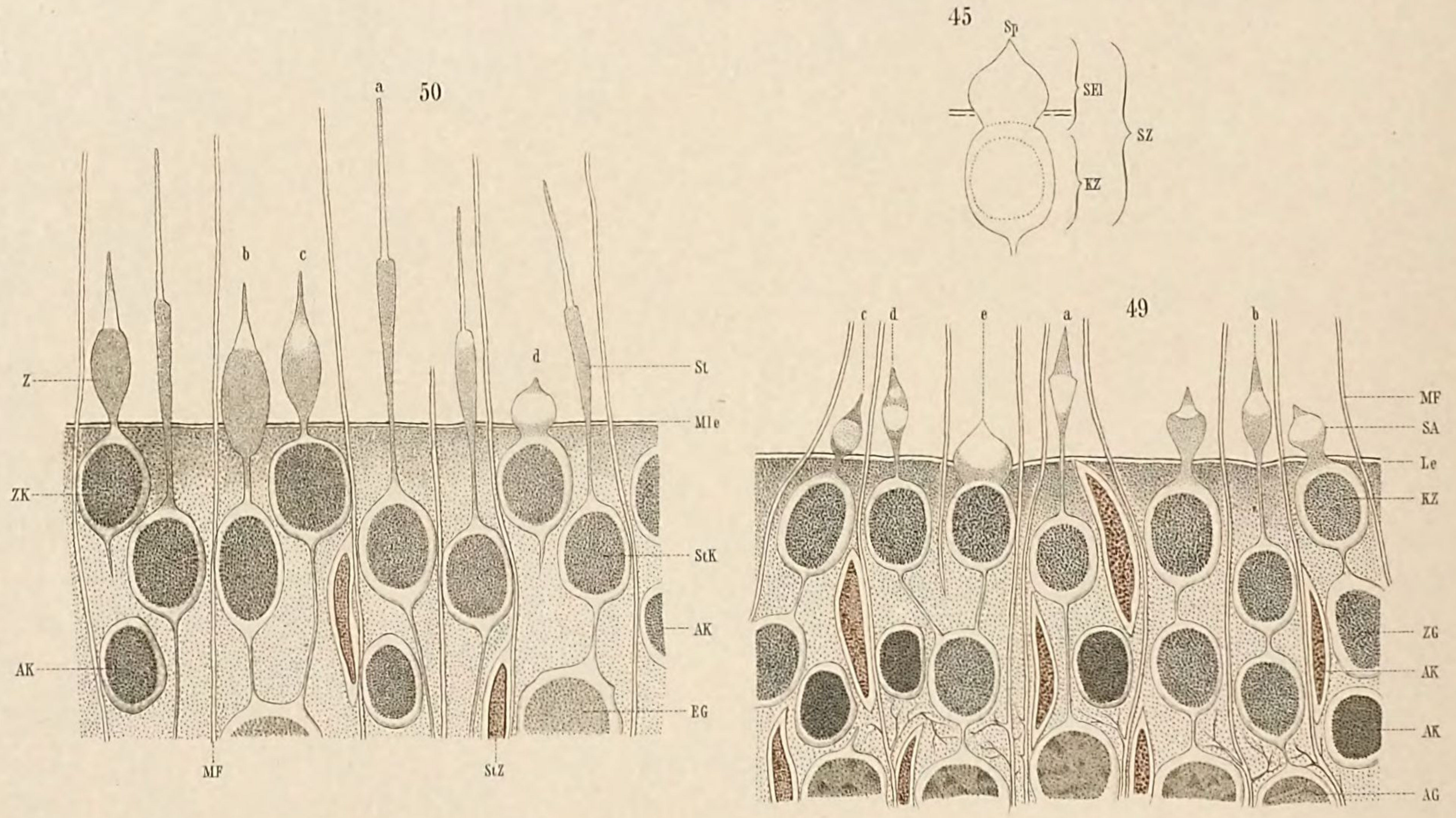


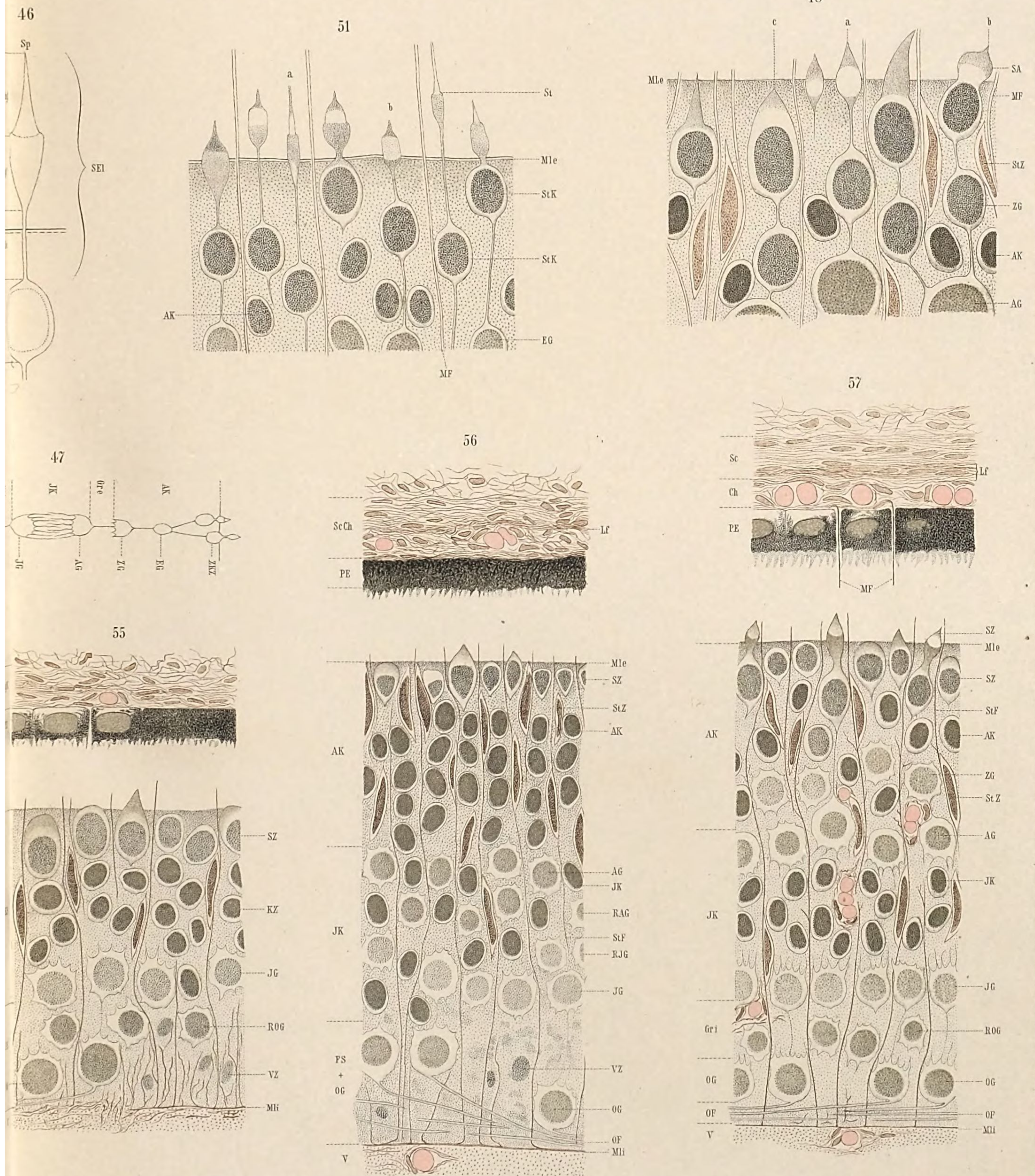


Erklärung der Abbildungen.

Tafel IV.

- Fig. 45. Schematisch. zur Feststellung der Bezeichnungen. Sp. Spitze, S.El. Sehelement, K.Z. Kornzelle, S.Z. Sehzelle, resp. Sehzellanlage.
- Fig. 46. Desgl. Sp. Spitze, Edgl. Endglied, Mgl. Mittelglied, St. Stiel, K.Z. Kornzelle, S.El. Sehelement, S.Z. Sehzelle.
- Fig. 47. Schemat. Nervöse Leitung durch die Netzhaut. Vg. 500. Erwachsendes Thier.
- Fig. 48. Aeussere Körnerschicht. Stad. VIII, 19,7 mm. Vg. 2000.
- Fig. 49. Aeussere Körnerschicht. Stad. XI, 32 mm. Vg. 2000.
- Fig. 50. Sehzellschicht. Erwachsendes Thier (Fall A). Vg. 2000.
- Fig. 51. Sehzellschicht. Erwachsendes Thier (Fall B). Vg. 2000.
- Fig. 52—57. Retina und Pigmentepithel. Vg. 1000.
- Fig. 52. Stad. I, 4,5 mm.
- Fig. 53. Stad. II, 6,7 mm.
- Fig. 54. Stad. III, 8,5 mm.
- Fig. 55. Stad. IV, 10 mm.
- Fig. 56. Stad. V, 11 mm.
- Fig. 57. Stad. VI, 13 mm.





Erklärung der Abbildungen.

Tafel V.

Fig. 58—62. Retina und Pigmentepithel. Vg. 1000.

Fig. 58. Stad. VII, 17 mm.

Fig. 59. Stad. IX, 22,3 mm.

Fig. 60. Stad. X, 27,5 mm.

Fig. 61. Stad. XI, 32 mm.

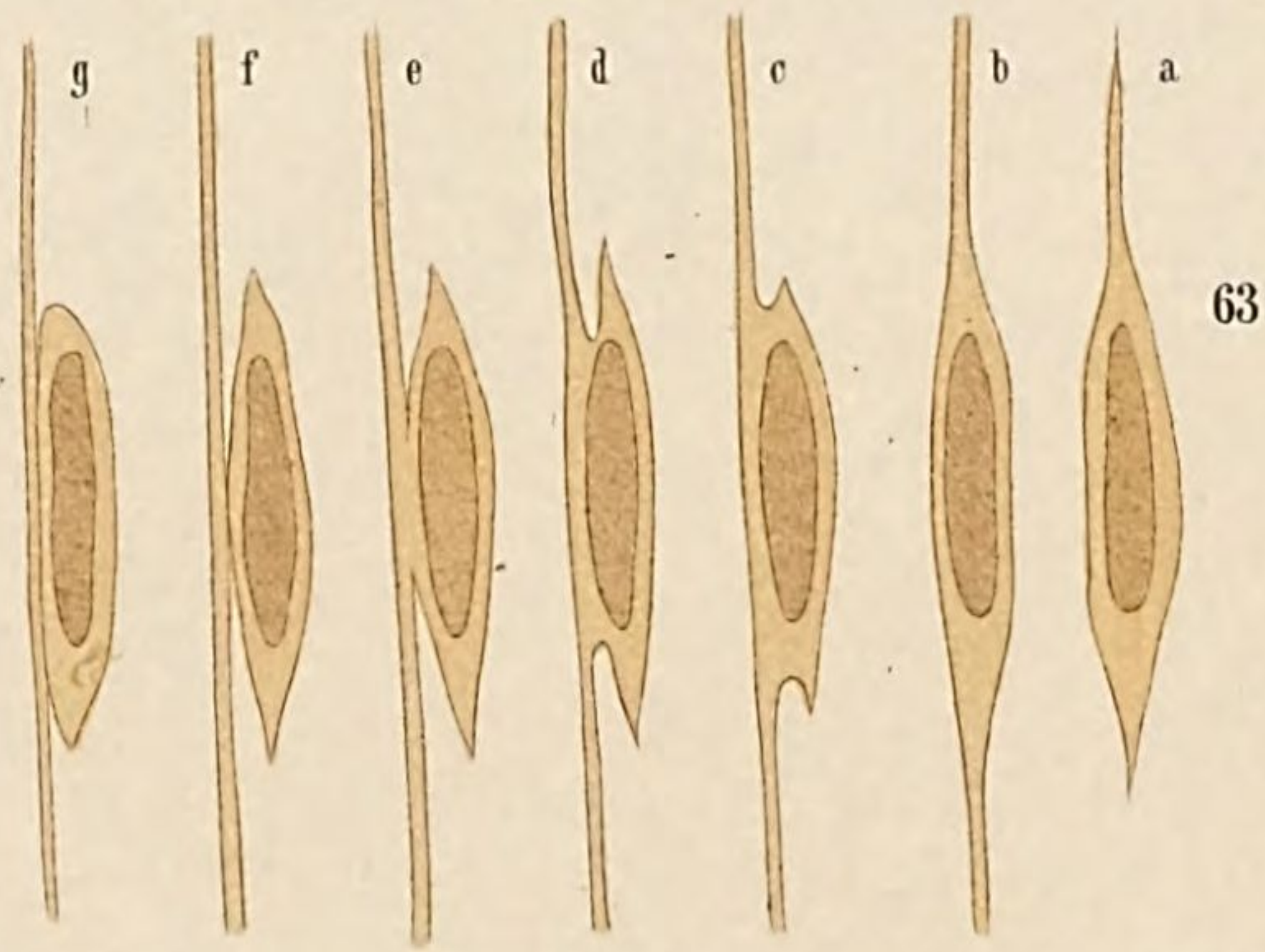
Fig. 62. Erwachsenes Thier.

Fig. 63. Stützzelle und Stützfaser, und die Entwicklung ihres gegenseitigen Verhältnisses. Schematisch.

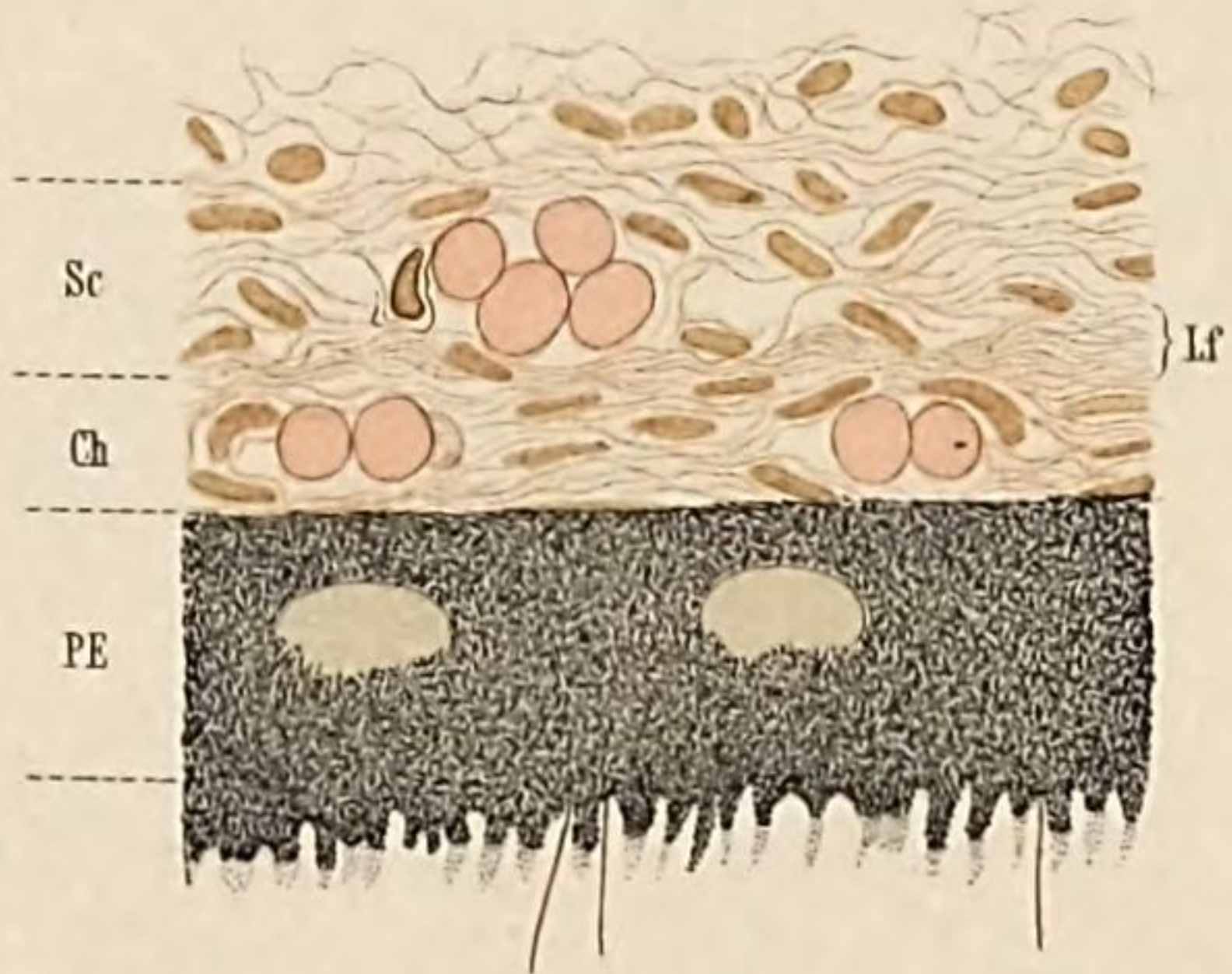
Fig. 64—65. Entwicklung der Membrana limitans interna und ihrer Verbindung mit den Stützfasern.

Fig. 64. Stad. III, 8,5 mm.

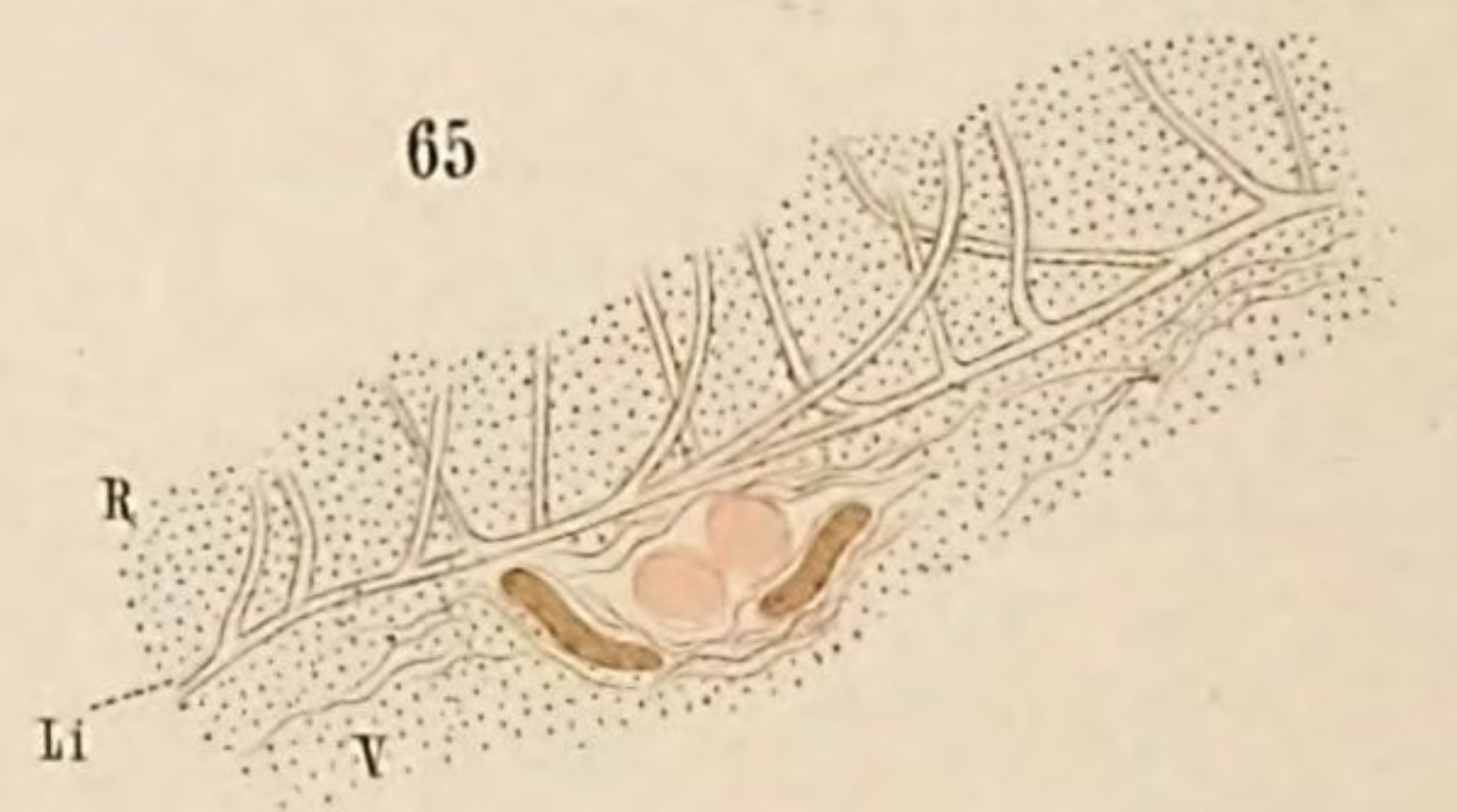
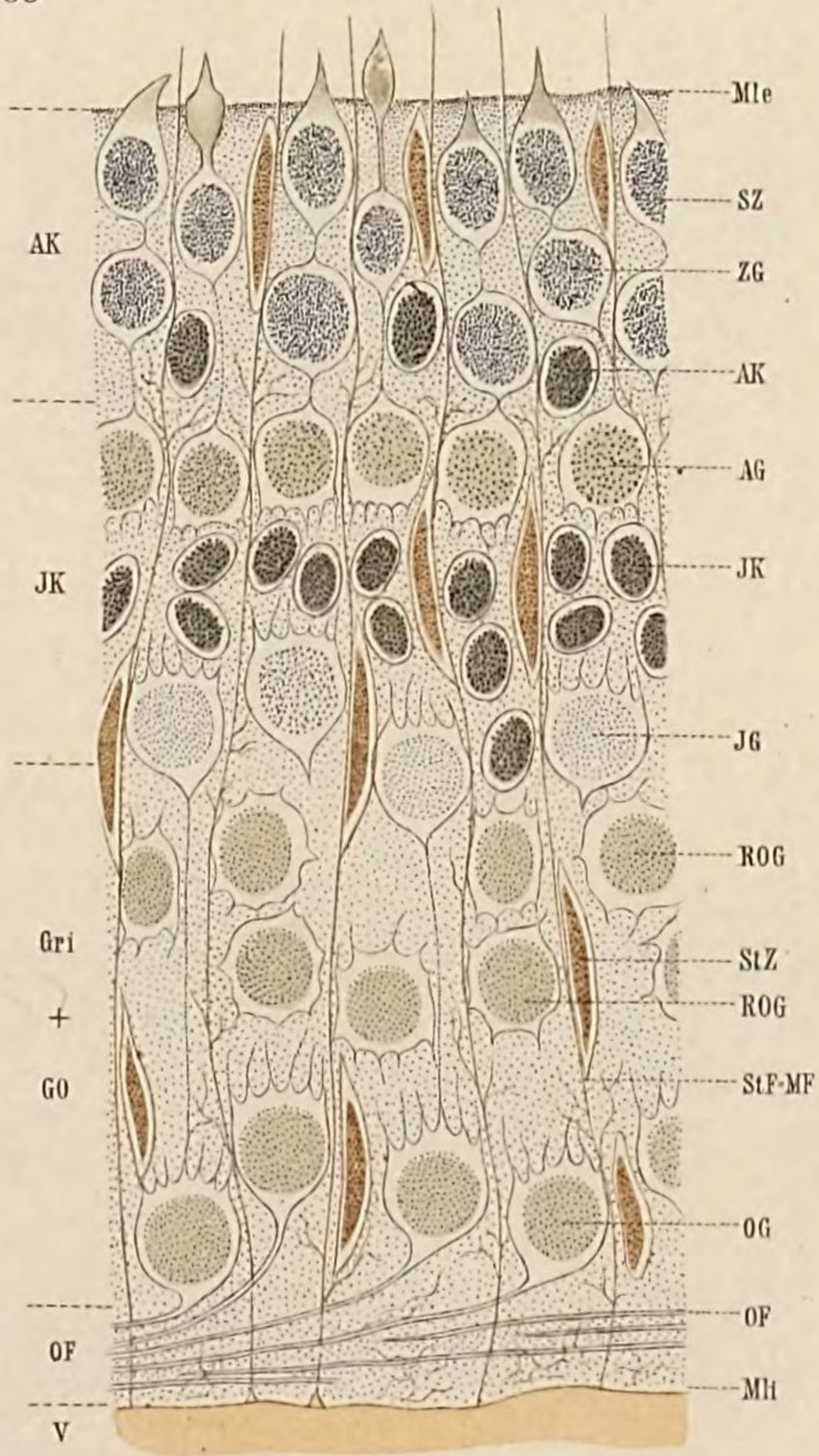
Fig. 65. Stad. V, 11 mm.



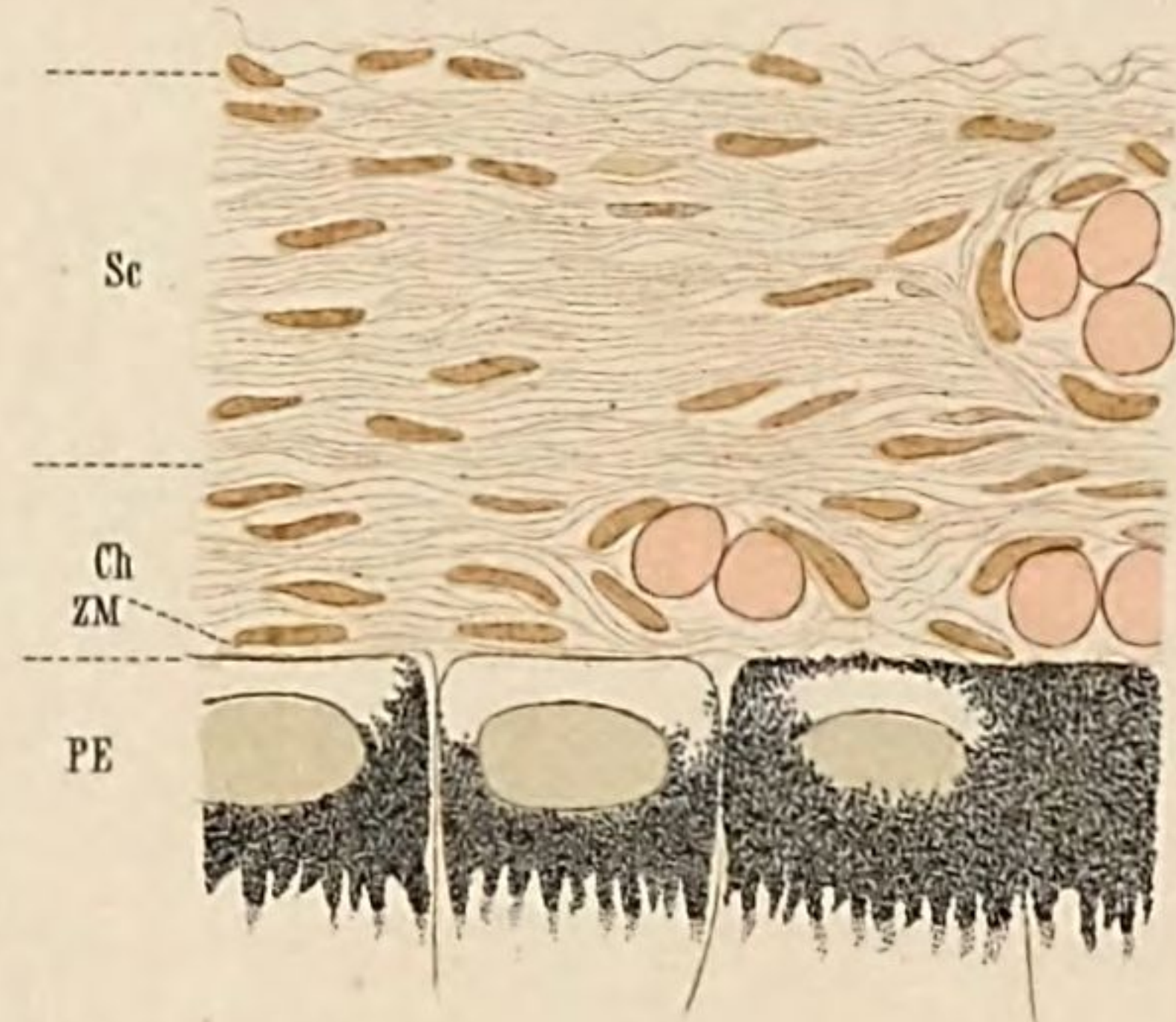
63



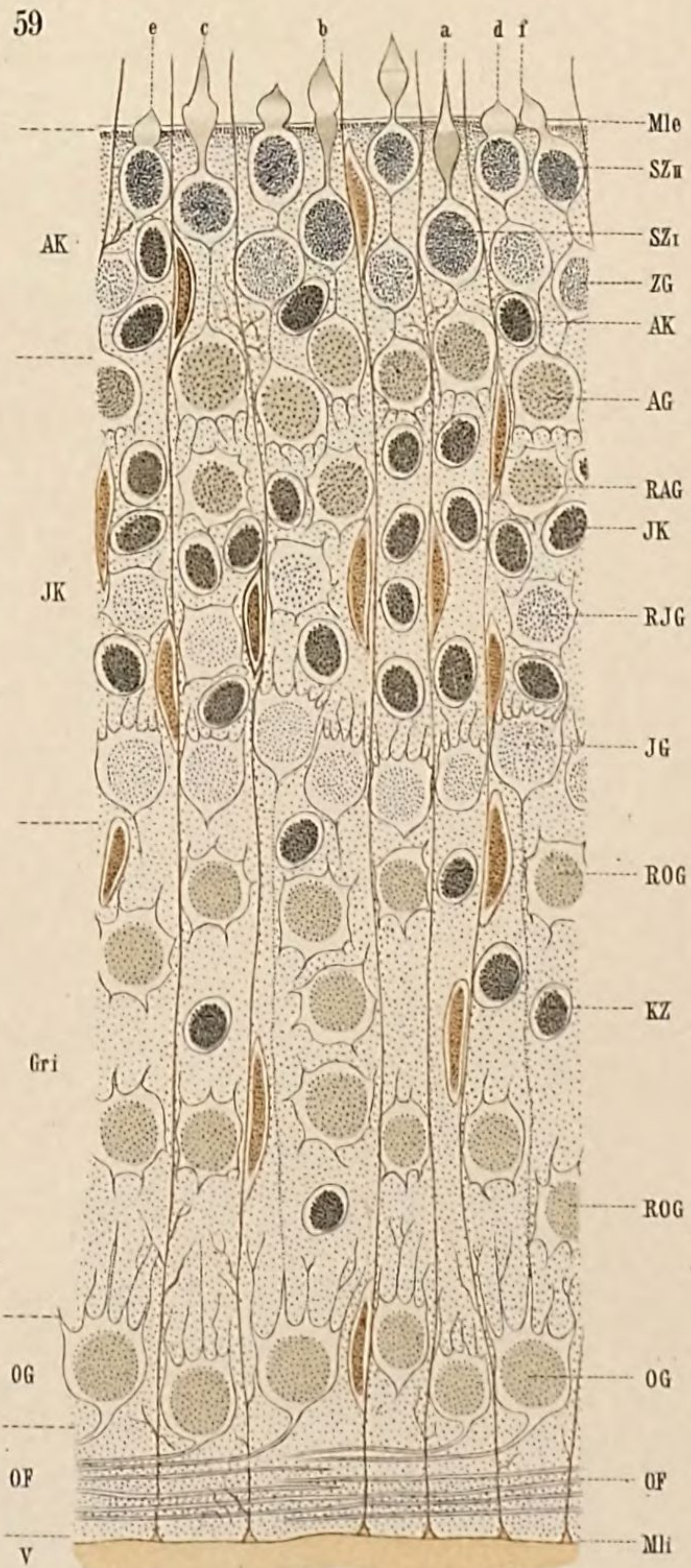
58



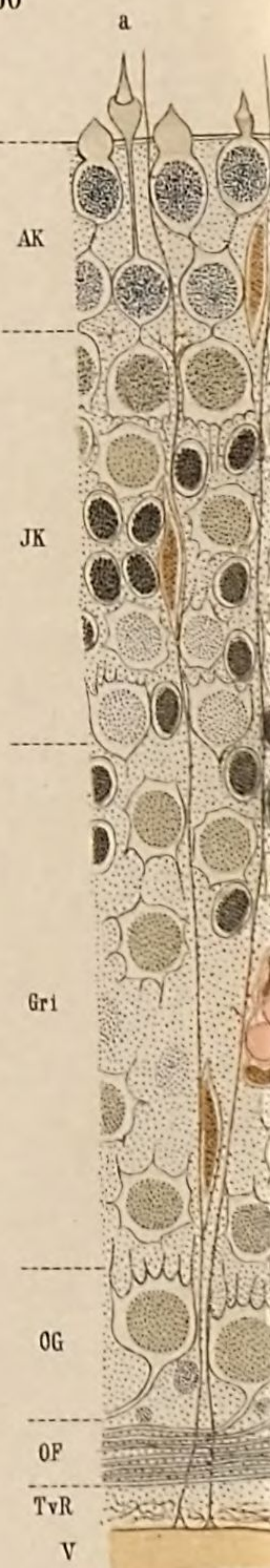
65



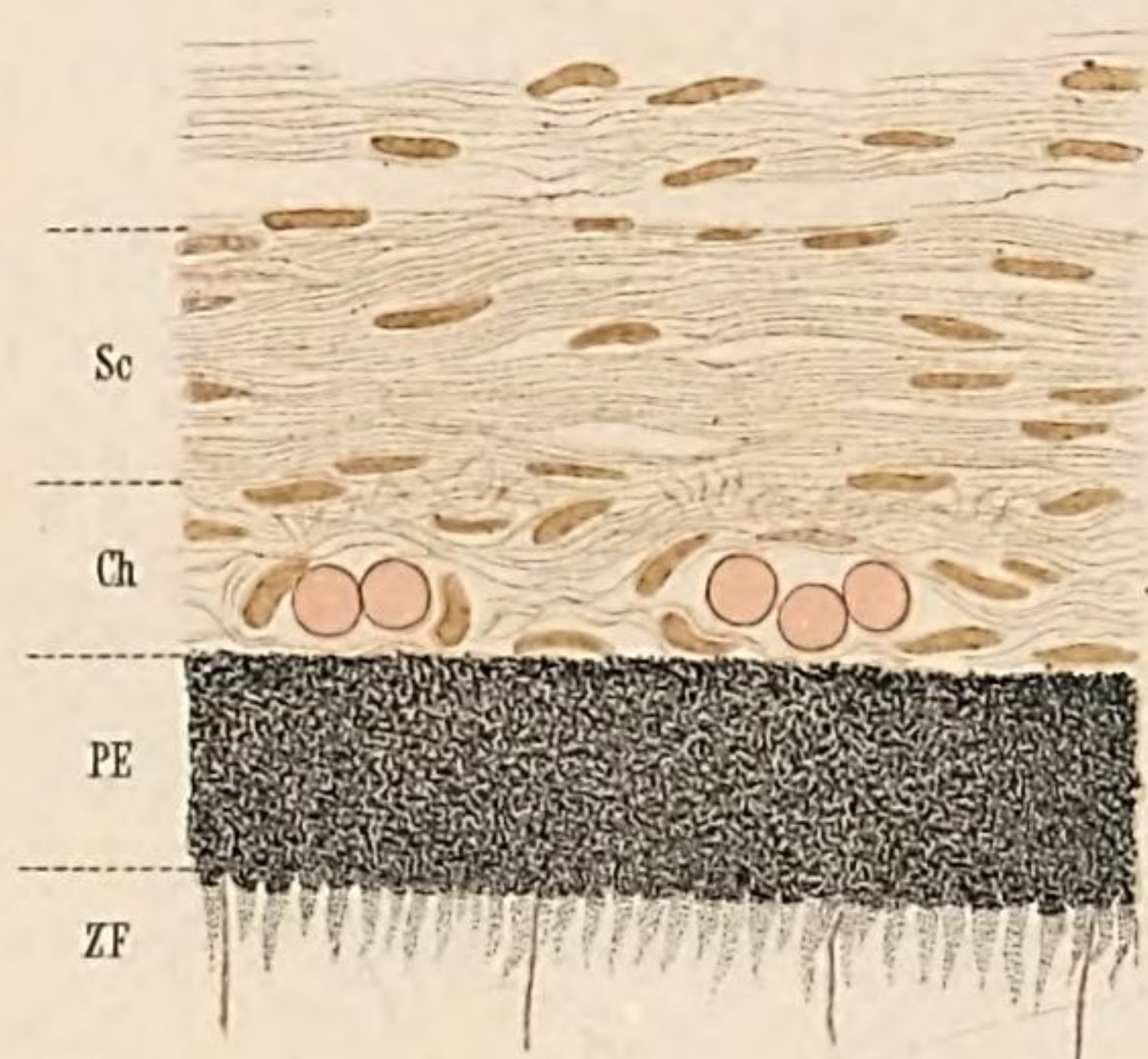
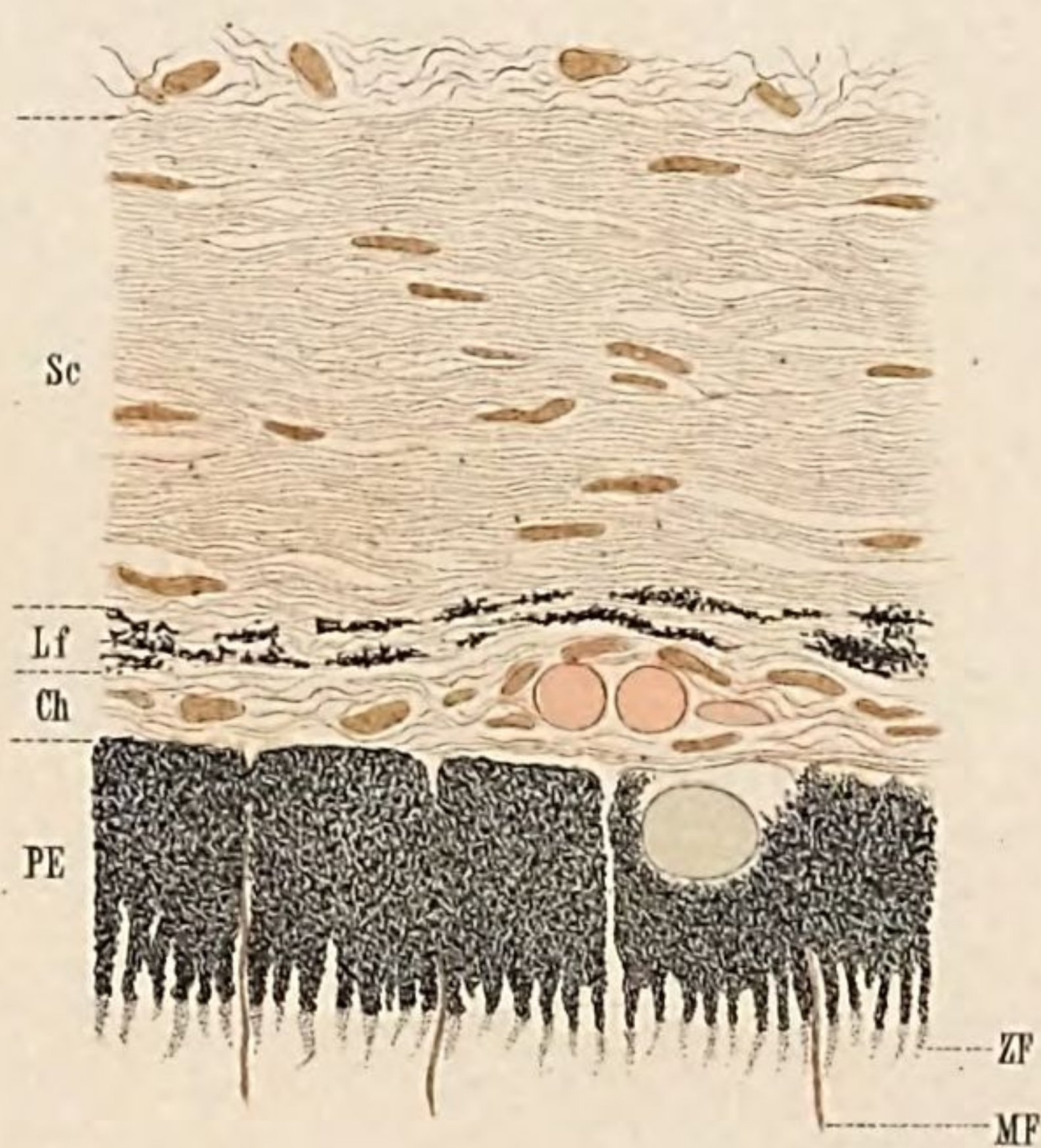
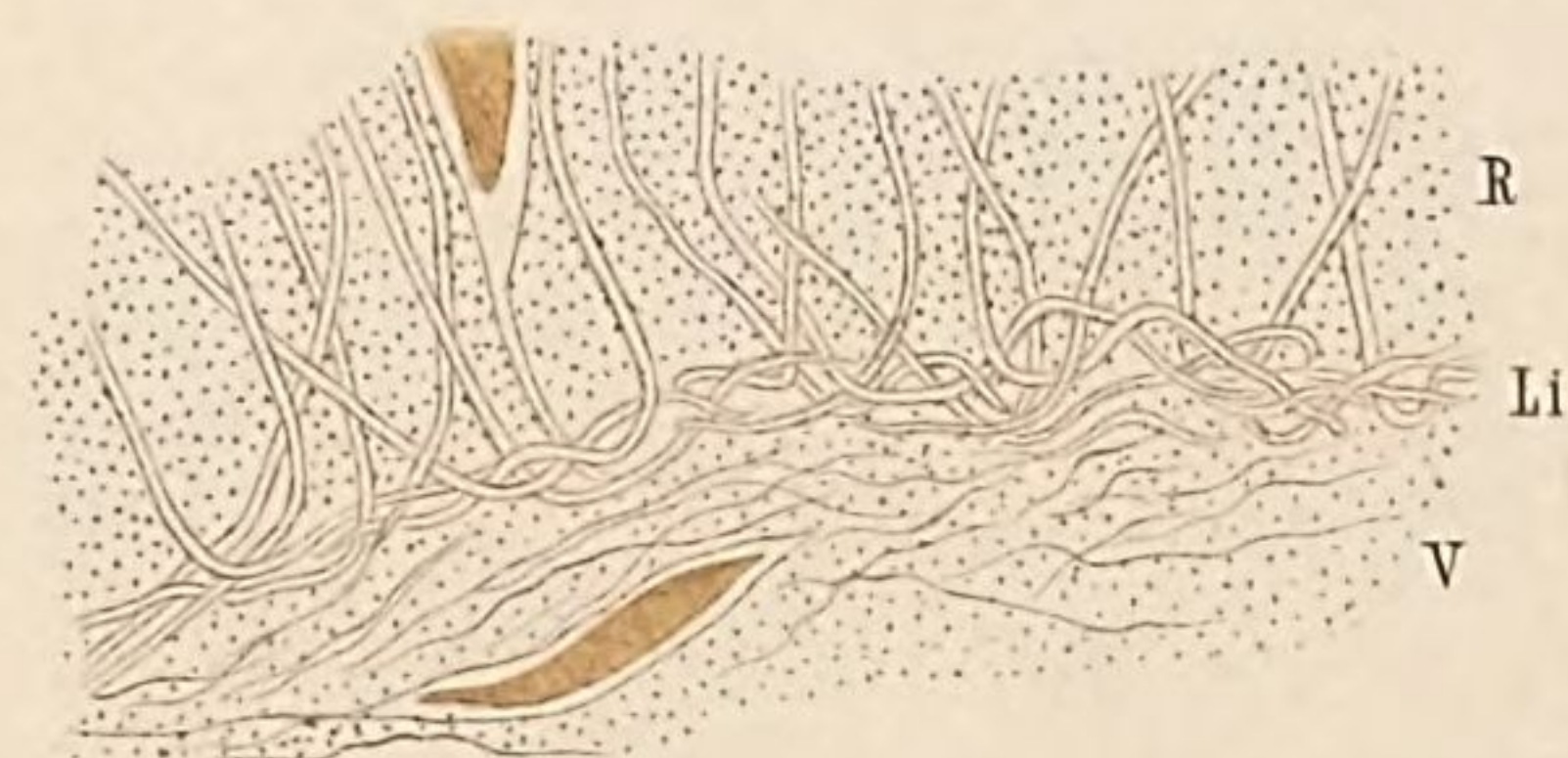
59



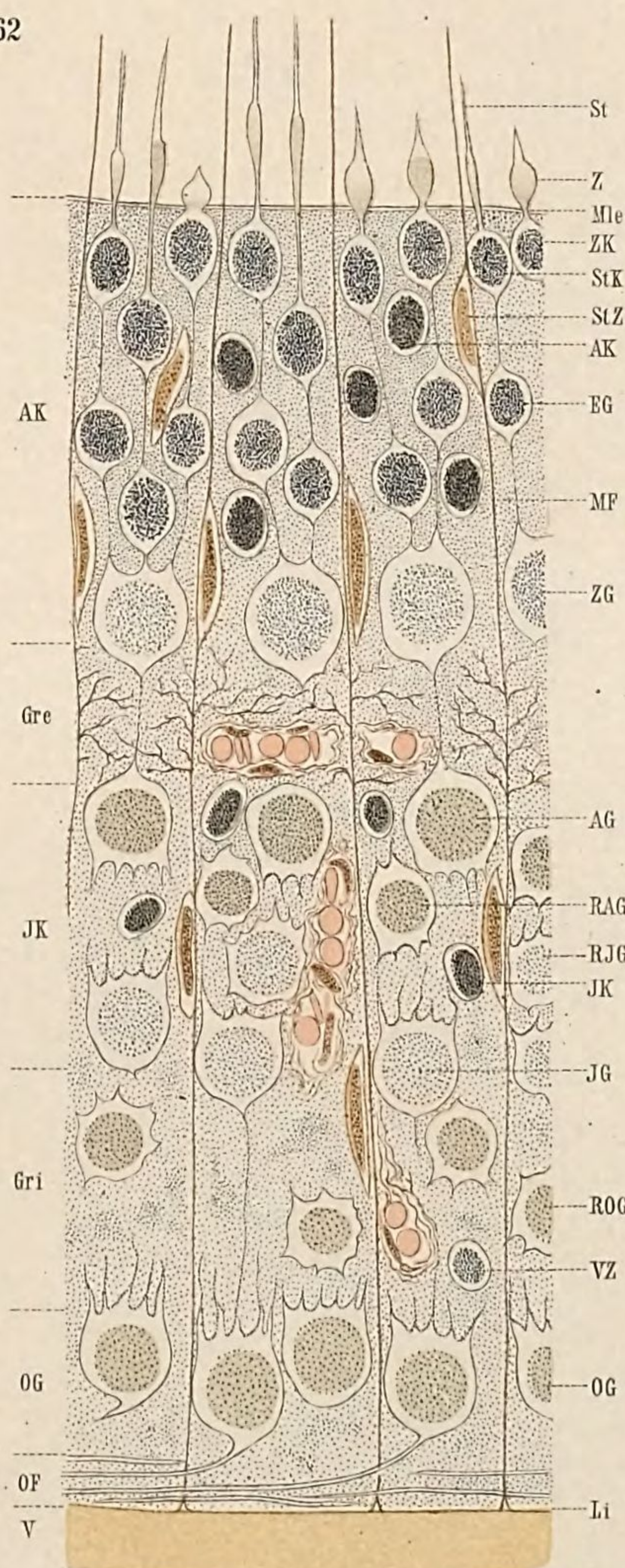
60



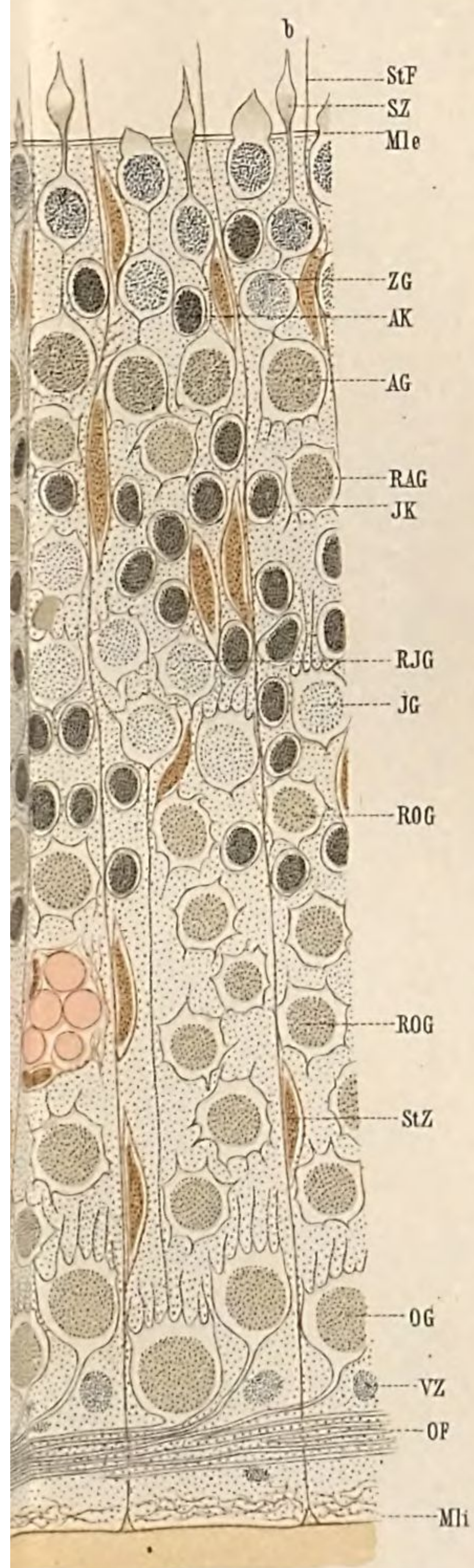
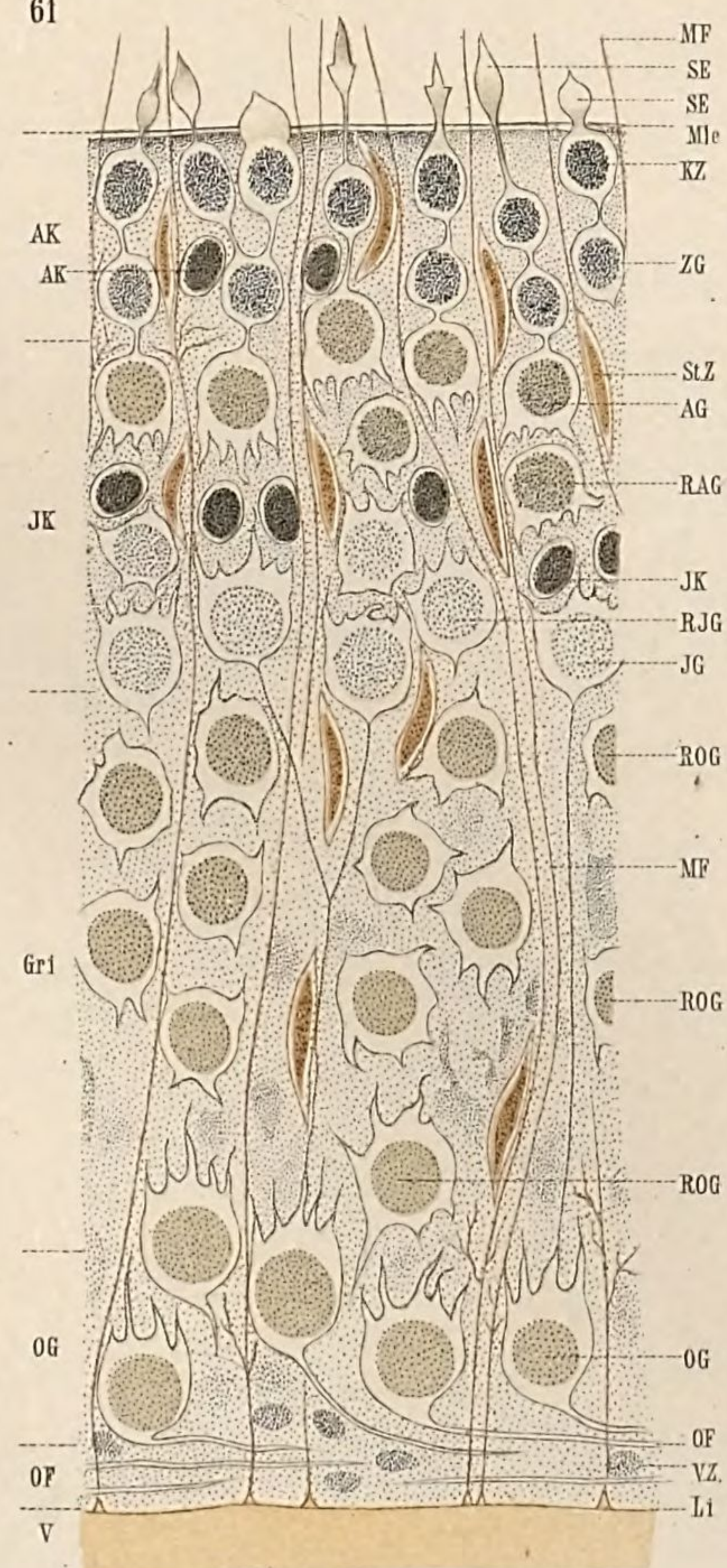
64



62



61



THE JOURNAL OF THE

AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION

FOR THE YEAR 1914

CHICAGO, ILL., 1914

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Subscription price, \$5.00 per annum in advance.

Single copies, 15 cents.

Entered as second-class matter, May 2, 1912, under post office number 383, at Chicago, Ill., under special permission of the post office and inspection service.

Acceptance for mailing at special rate of postage provided for in Act of October 3, 1917, authorized on July 1, 1918.

Postage paid at Chicago, Ill., and at additional mailing offices.

Copyright, 1914, by American Medical Association.

Printed by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

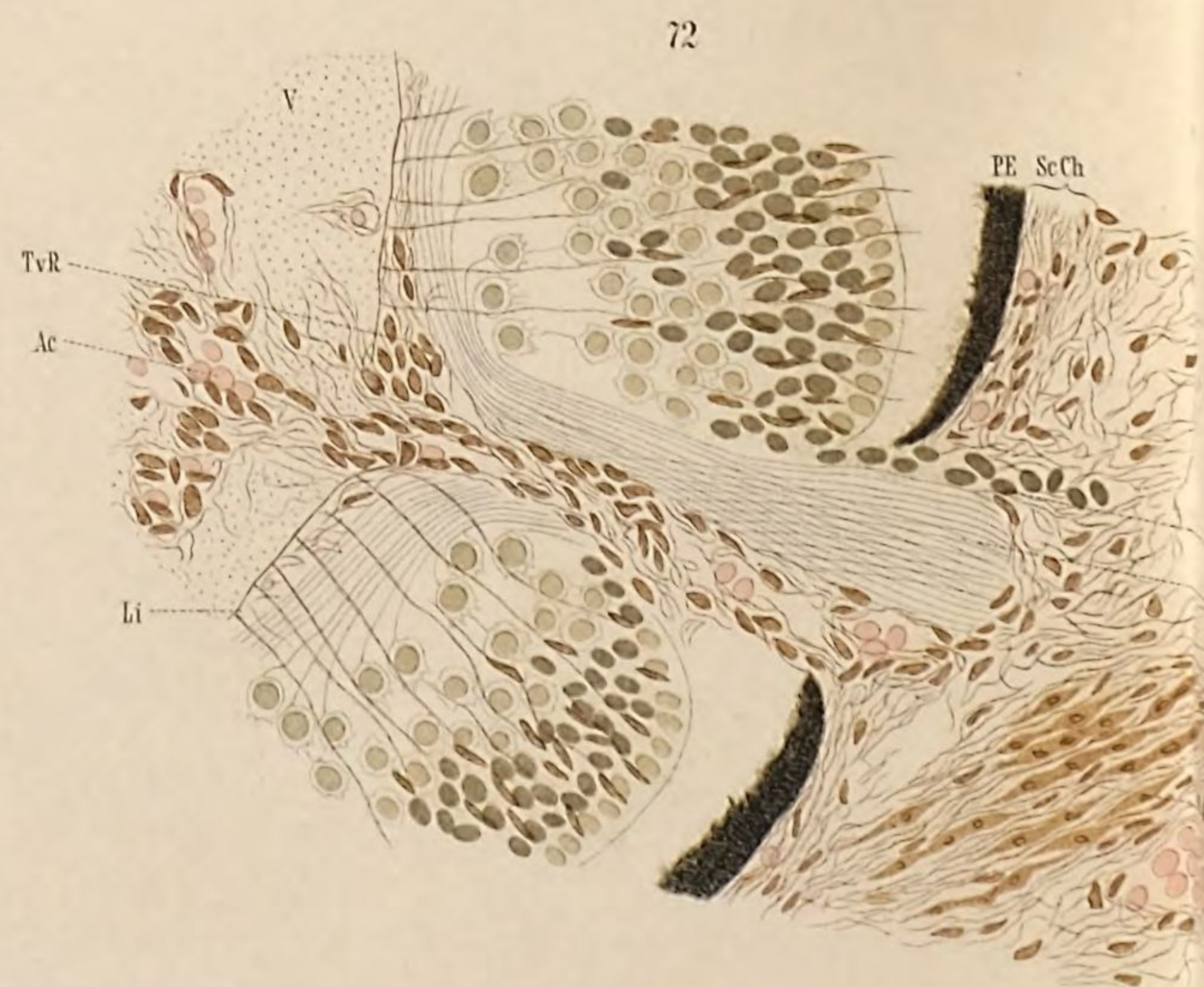
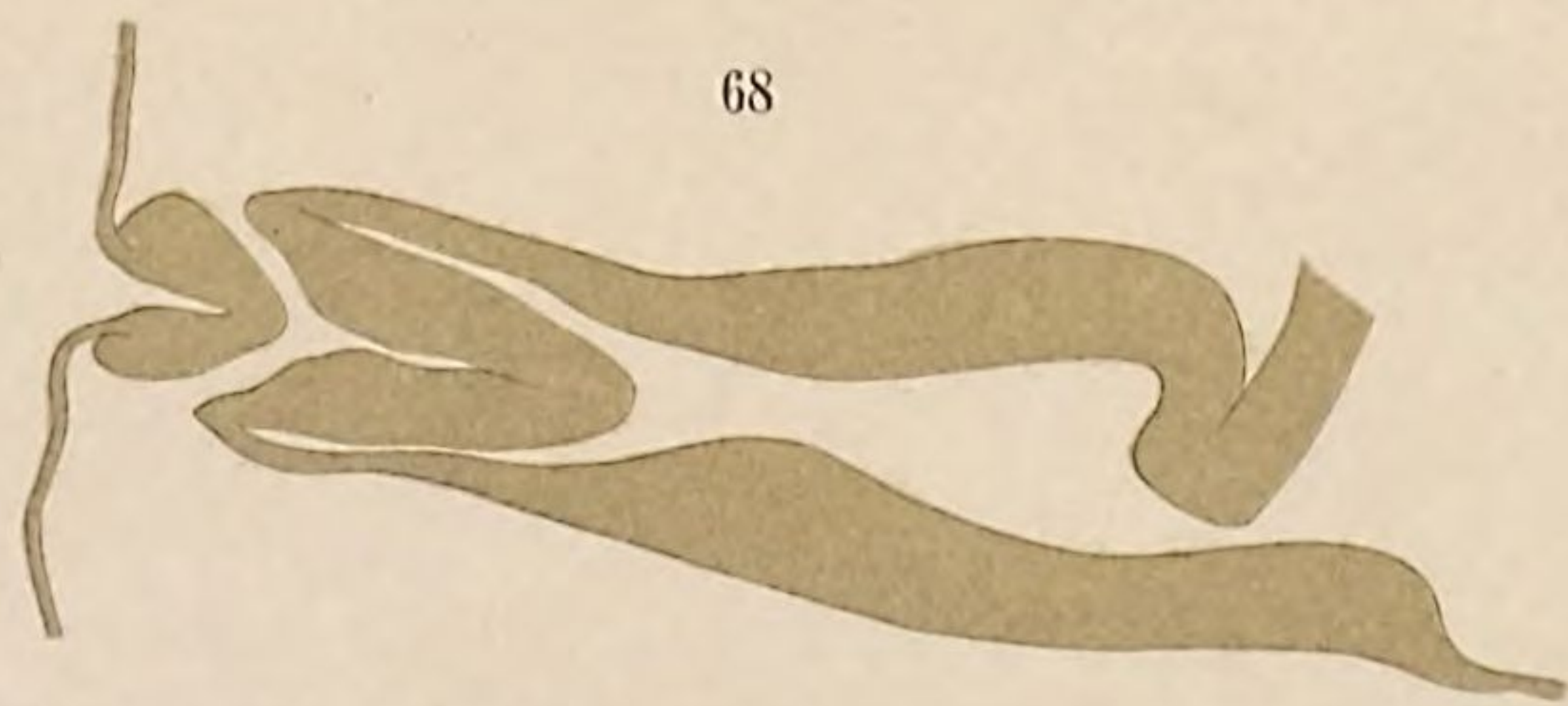
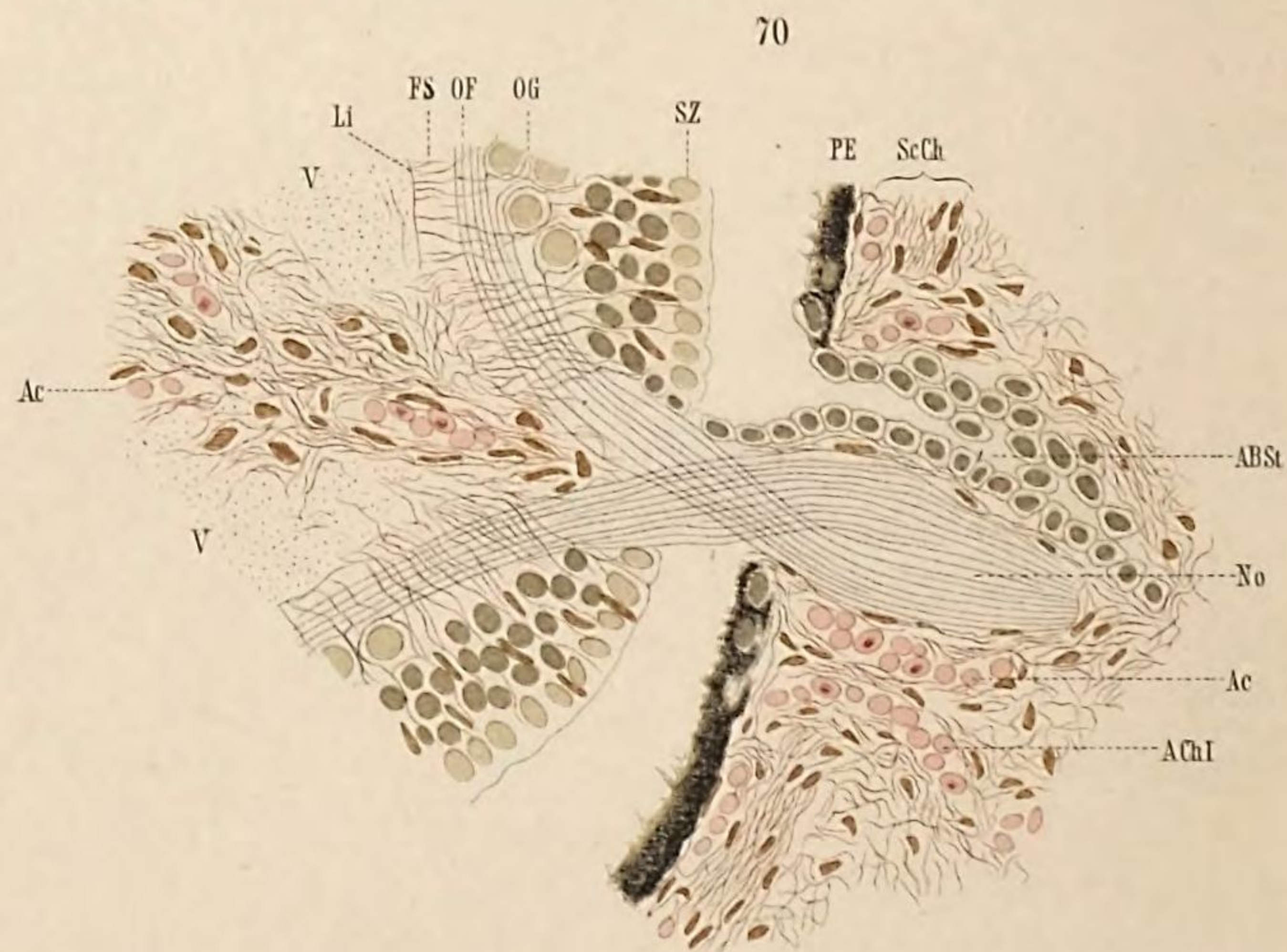
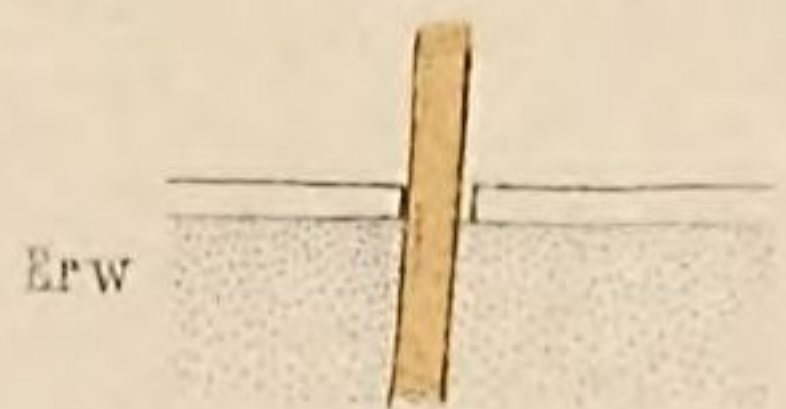
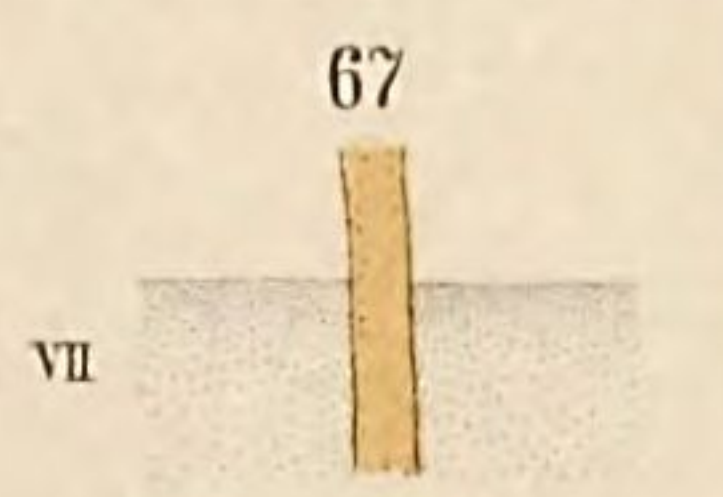
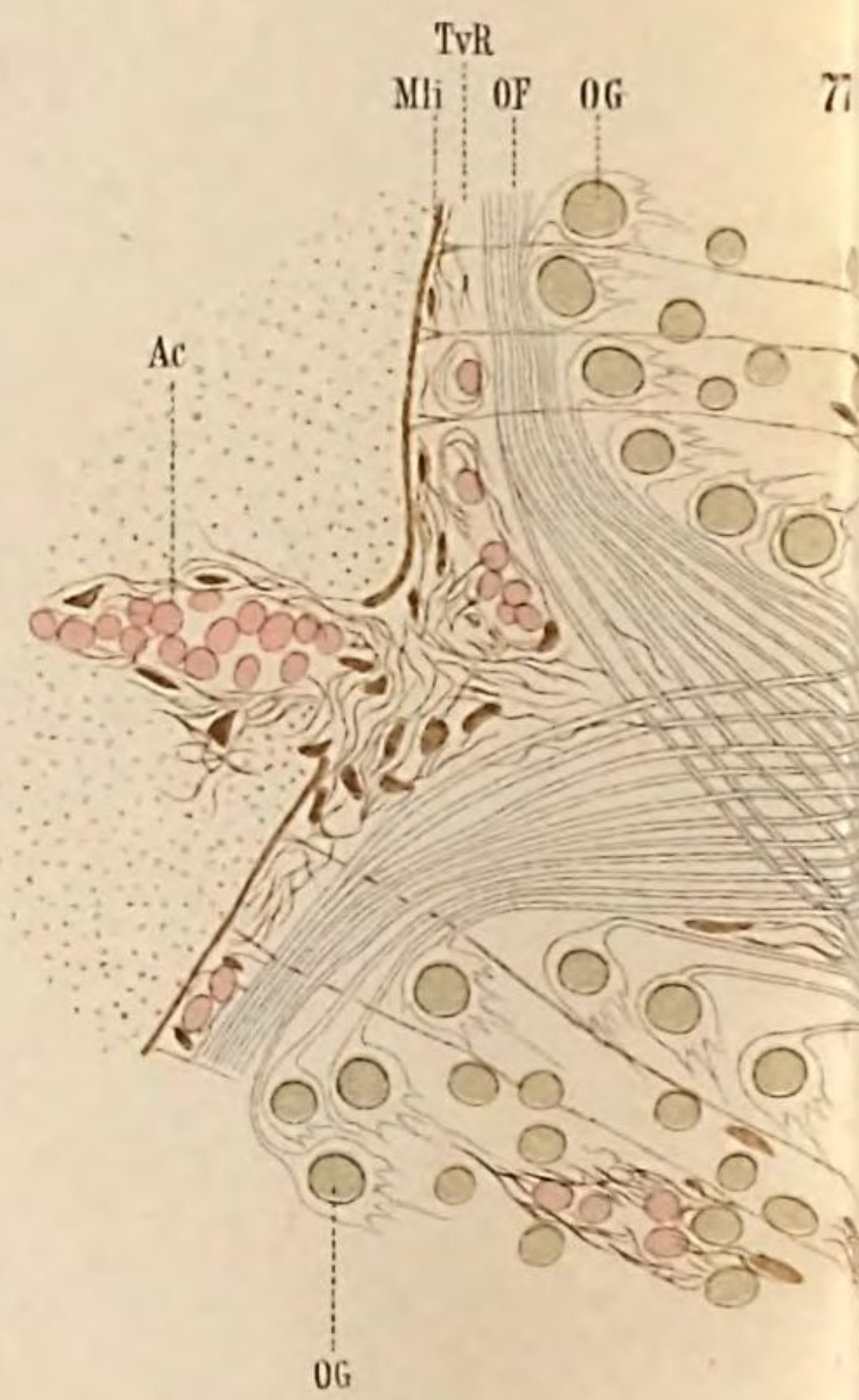
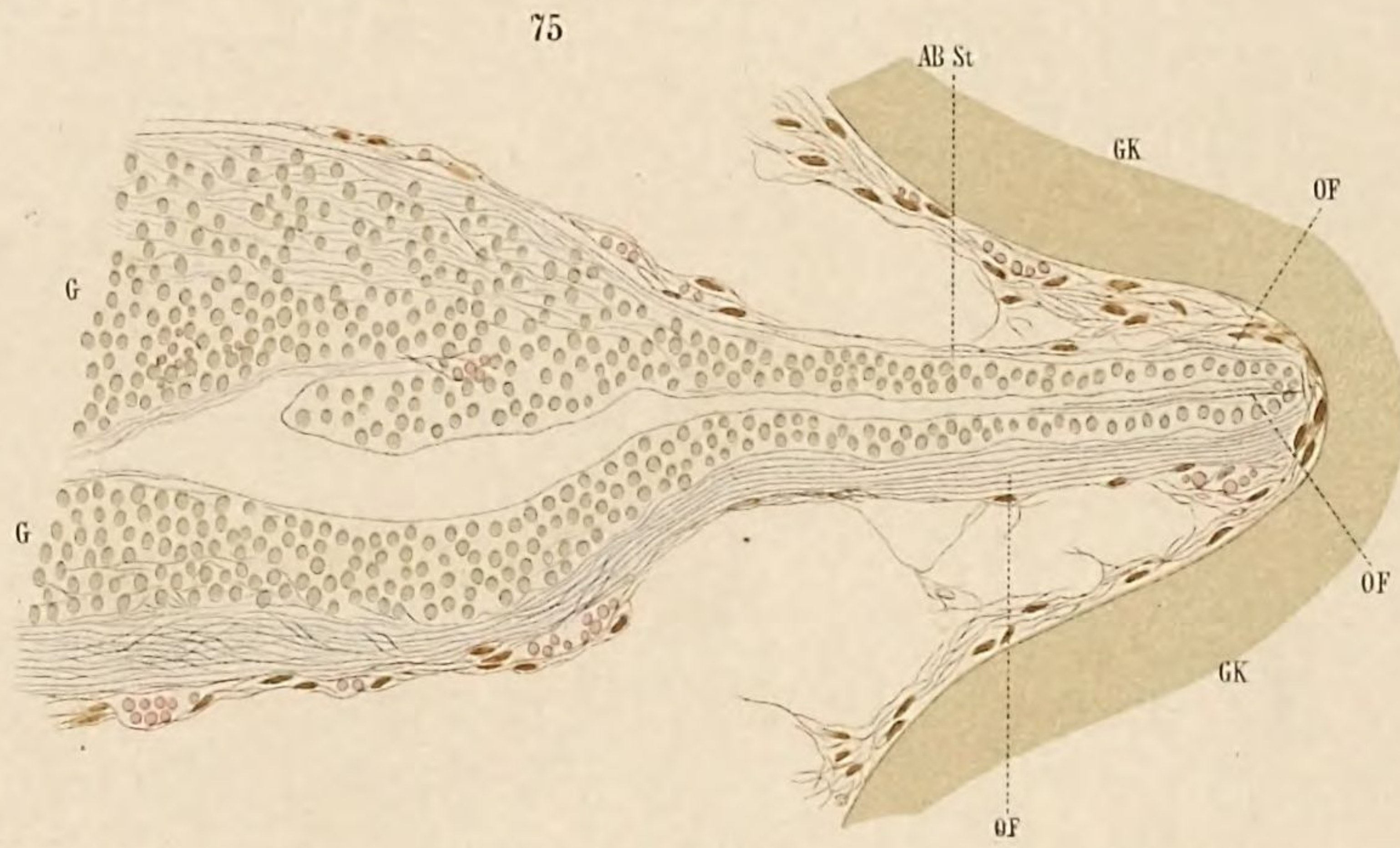
Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

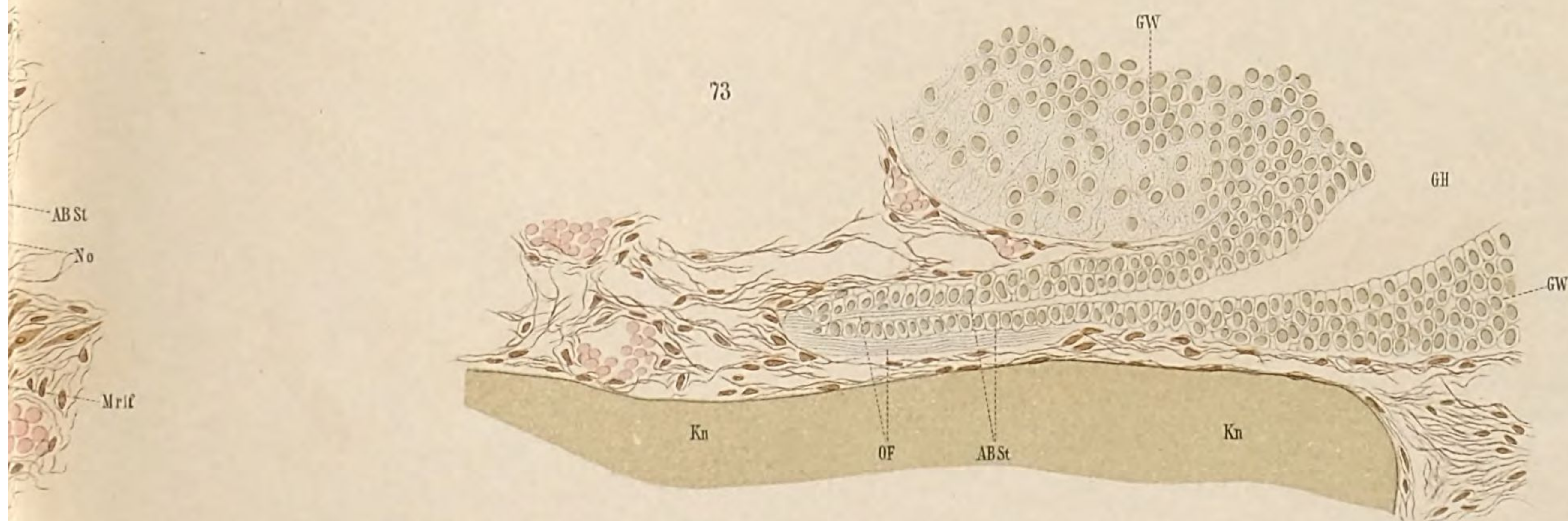
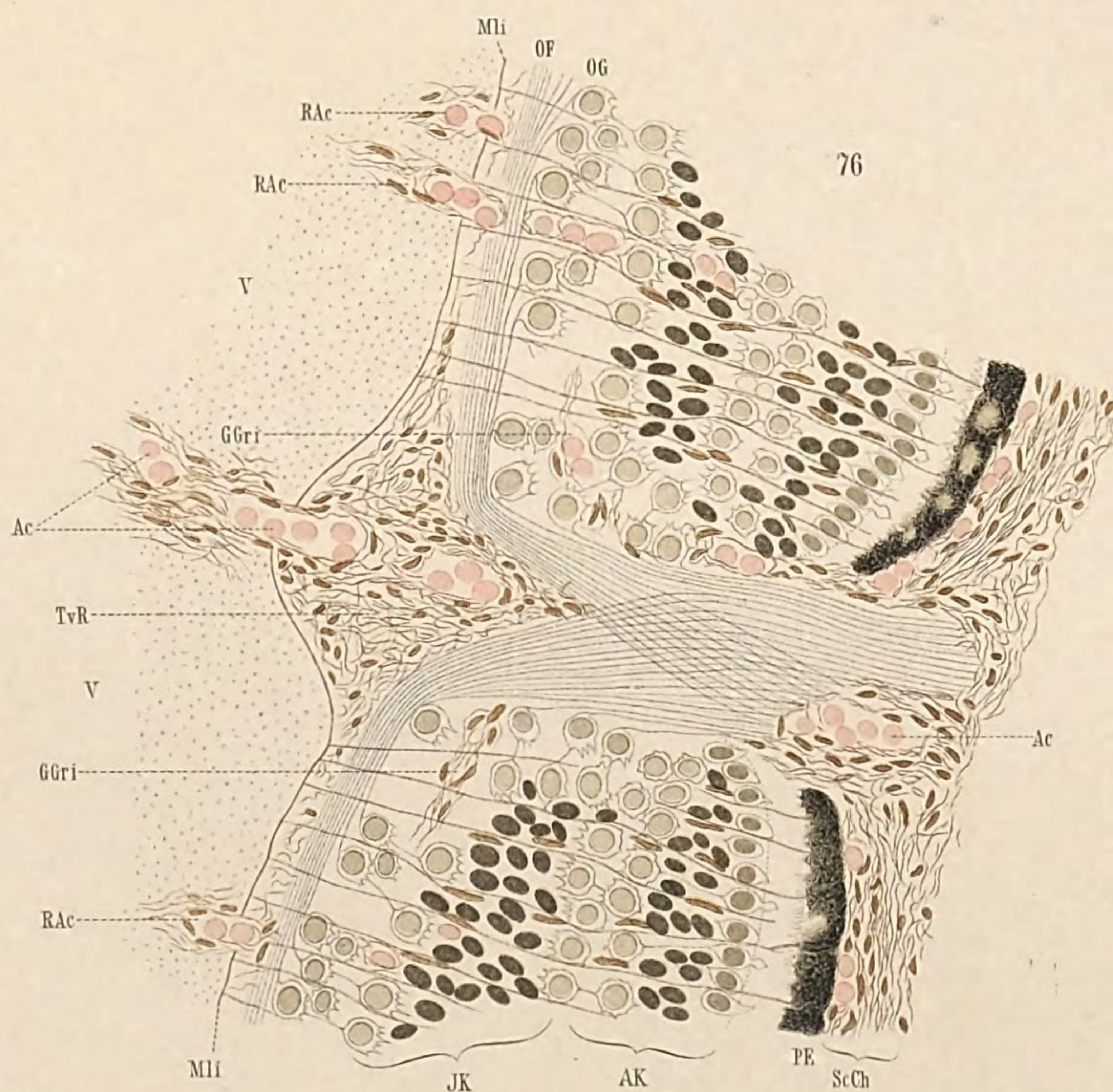
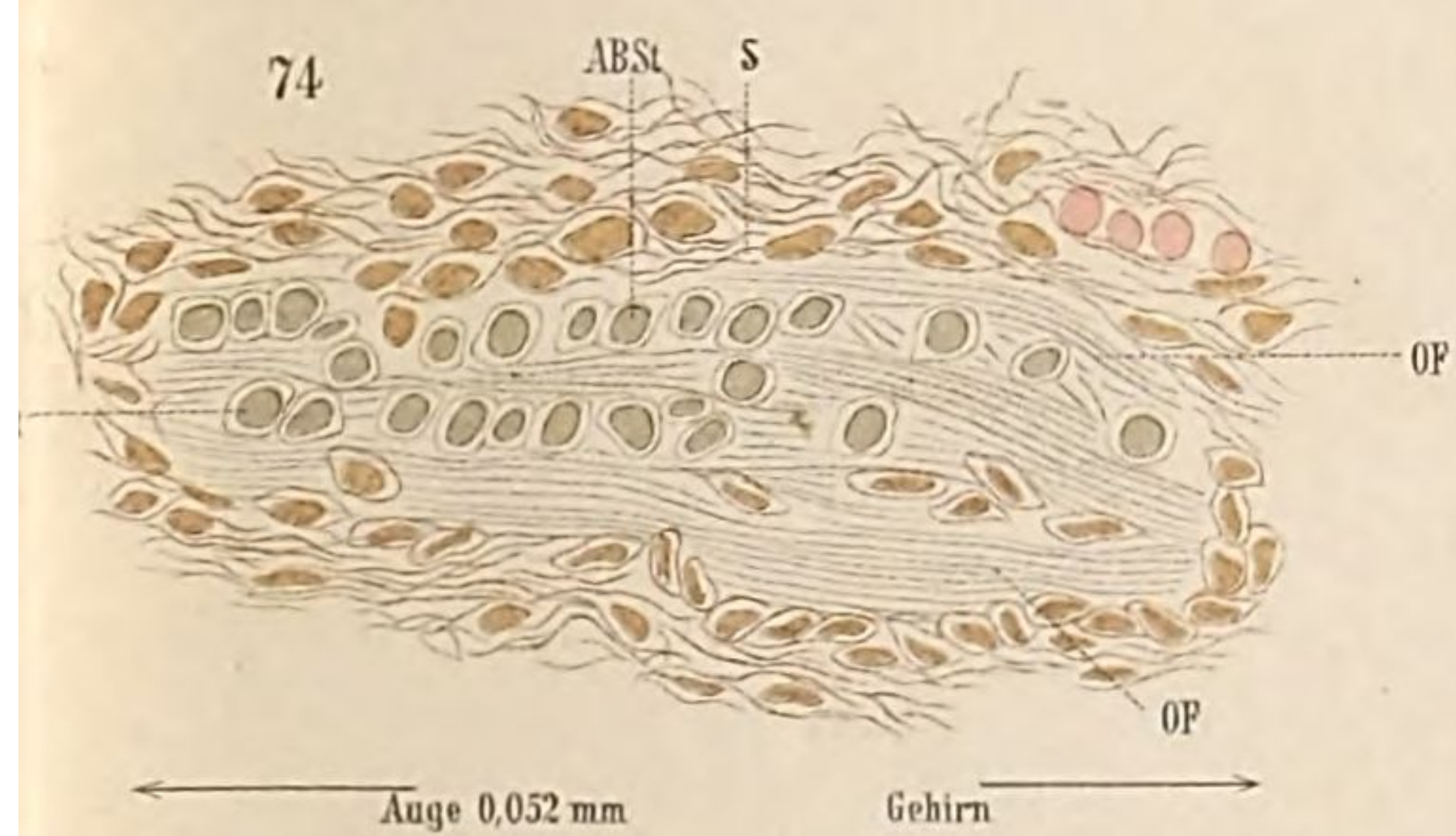
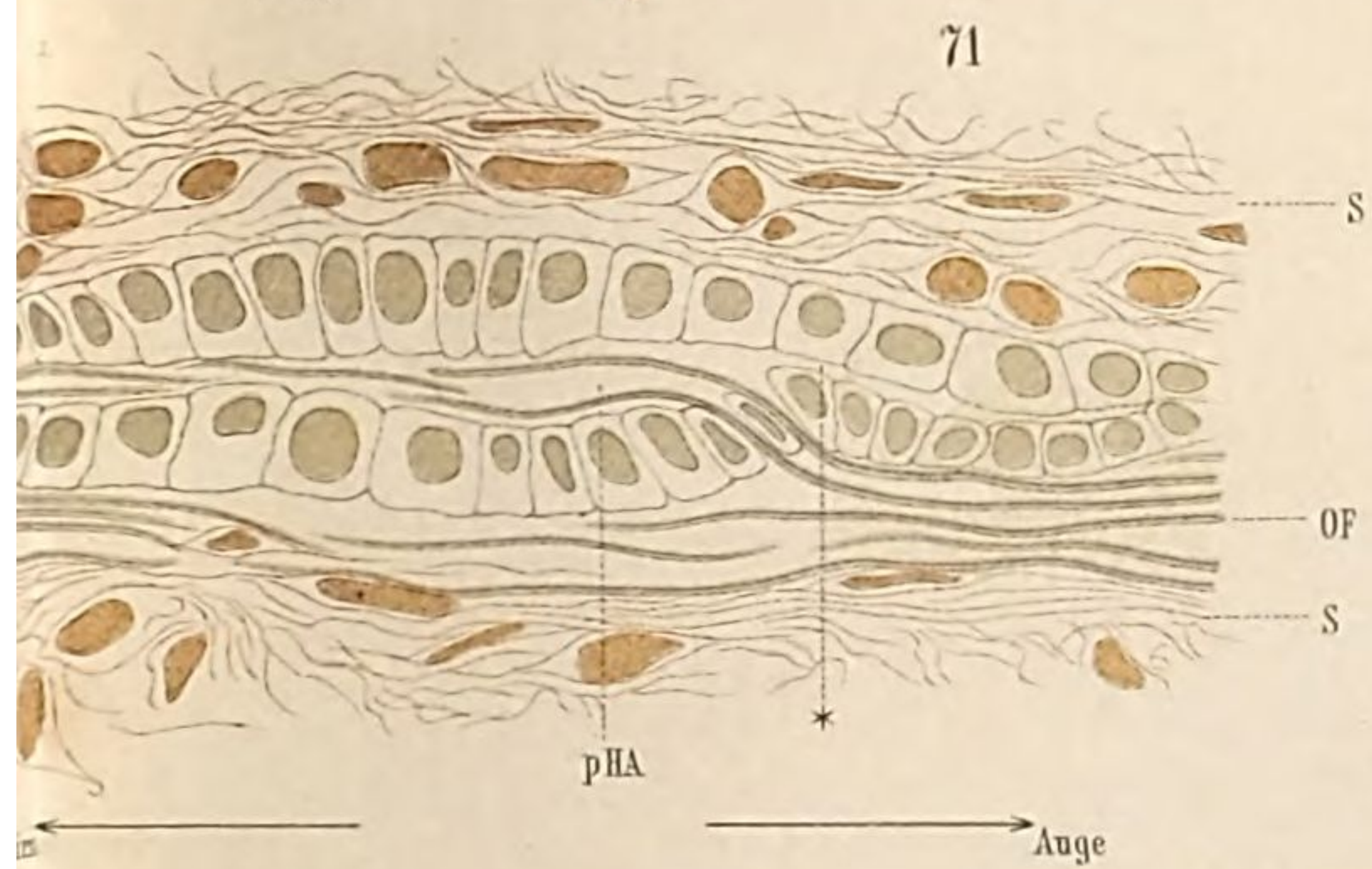
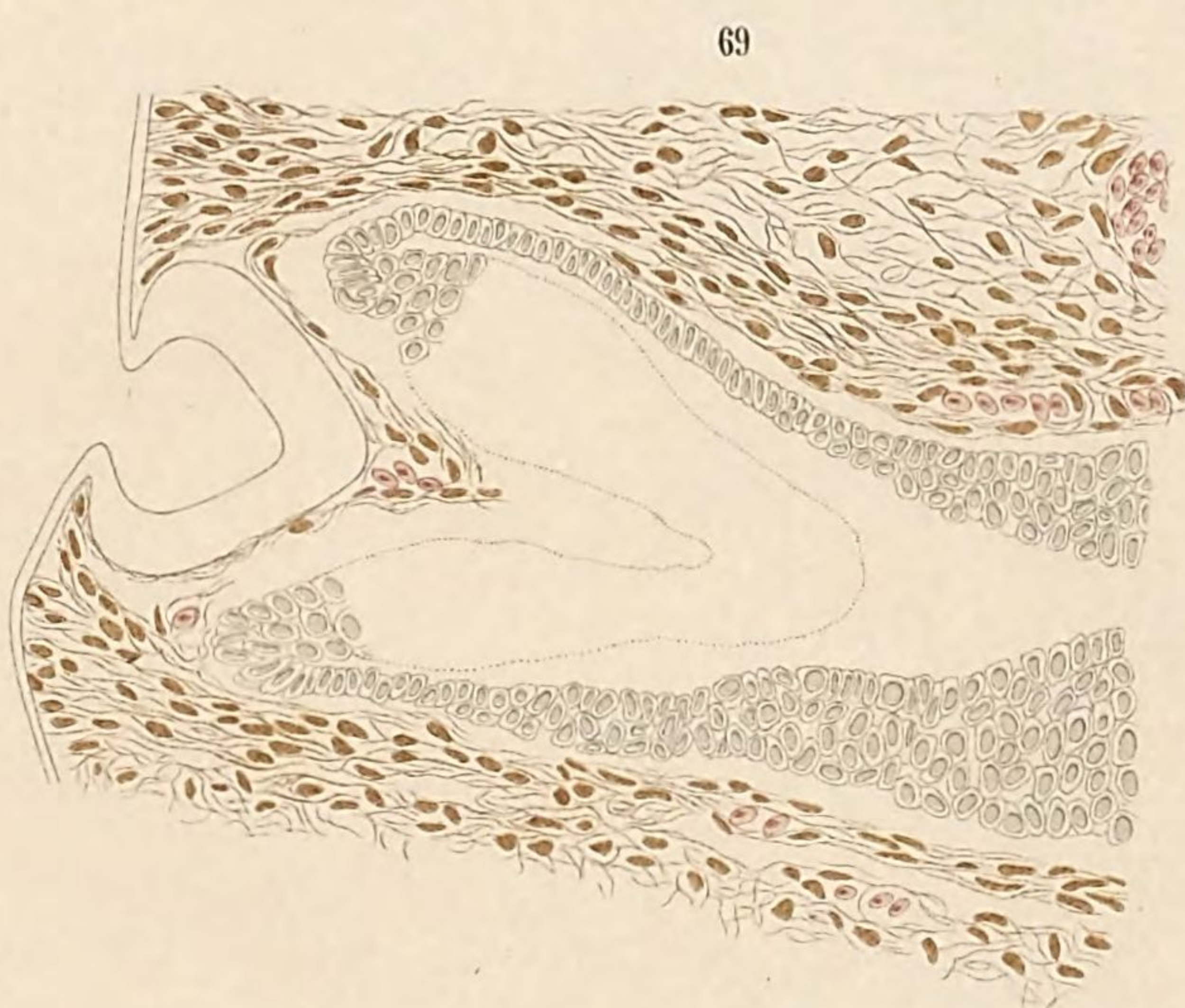
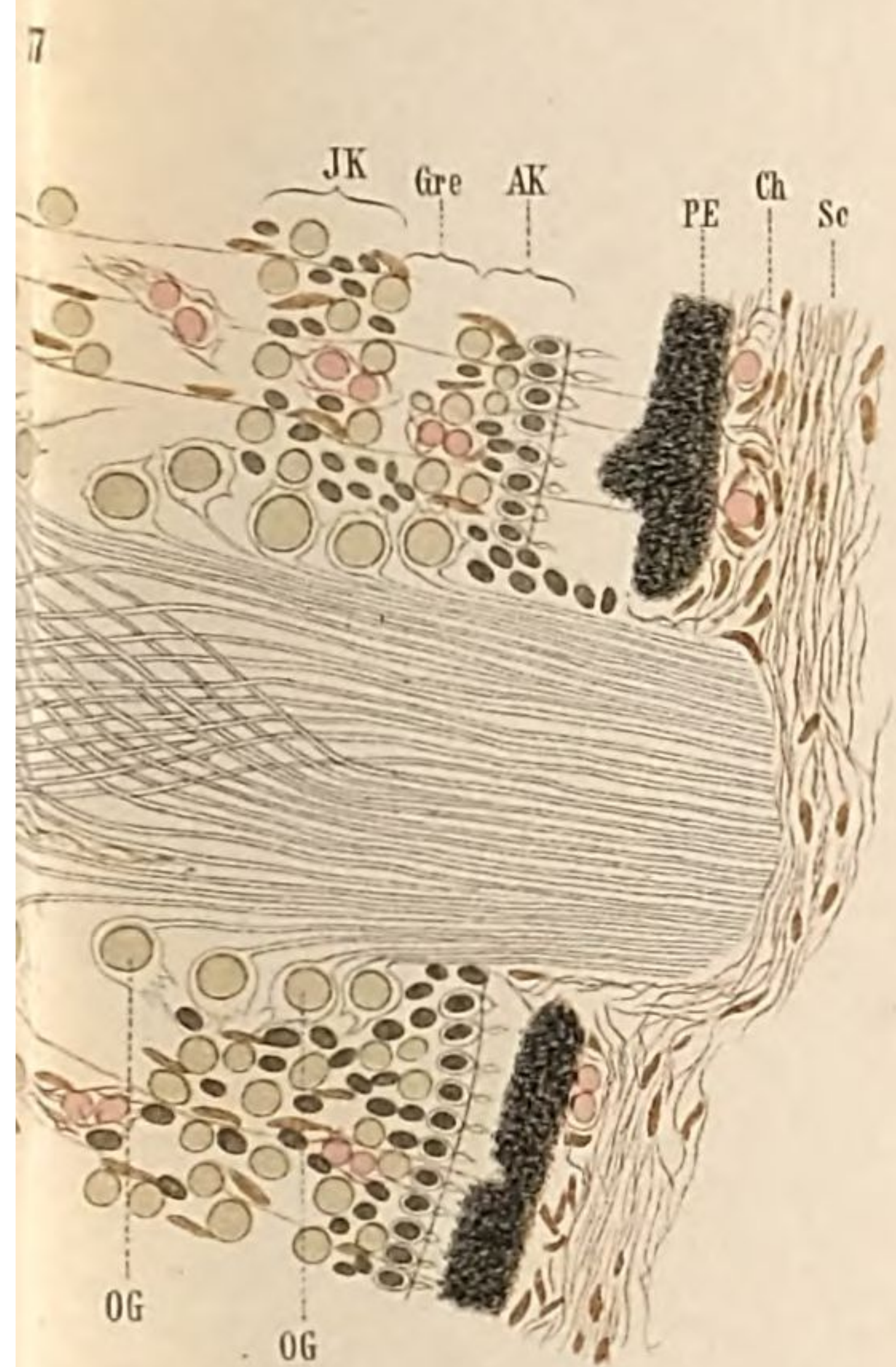
Published by the American Medical Association, 535 North Dearborn Street, Chicago, Ill.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VI.

- Fig. 66—67. Entwicklung der Membrana limitans externa. I. III. etc. Bezeichnung der einzelnen Entwicklungsstadien. Erw. Erwachsenen Thier.
- Fig. 68. Linsengrube; Secundäre Augenblase und Augenblasenstiel. Stad. I, 4,5 mm. Vg. 100.
- Fig. 69. Desgl. Anlage der Scheiden. Vg. 250.
- Fig. 70. Opticus. Chiasma vollkommen. A. Ch. I. Gefässe, welche die erste Anlage der Chorioidea vermitteln. Rest des Augenblasenstiels. Stad. III, 8,5 mm, Vg. 400.
- Fig. 71. Augenblasenstiel mit Nervenfasern etwa in Mitte seines Verlaufes. Die foetale Augenspalte hat sich auf den Augenblasenstiel bis zu der mit * bezeichneten Stelle erstreckt. p.H.A. primäre Höhle des Augenblasenstiels. Stad. III, 8,5 mm.
- Fig. 72. Opticusaustritt. Chiasma unvollkommen. Stad. V, 11 mm. Vg. 400.
- Fig. 73. Verbindung des Augenblasenstieles mit dem Gehirn. Nervenfasern reichen nicht bis ins Hirn. Stad. V, 11 mm. Vg. 250.
- Fig. 74. Sehnerv mit Resten des Augenblasenstiels etwa in der Mitte seines Verlaufes. Stad. V, 11 mm. Vg. 400.
- Fig. 75. Augenblasenstiel in Verbindung mit dem Gehirn. Die Nervenfasern treten in die Faserschicht des letzteren ein. Stad. VI, 13 mm.
- Fig. 76. Opticusaustritt. Chiasma unvollkommen. Chorioideale, direkte Blutversorgung G.Gr.i. eines Theiles der Granulosa interna. Aus dem Glaskörper kommende Aeste der Centralarterie dringen in die Retina ein. (R.A.c.) Stad. VI, 13 mm. Vg. 500.
- Fig. 77. Opticusaustritt. Tunica vasculosa. Retina und ihre Gefässe. Erwachsenen Thier. Vg. 300.
-





Kohl, Carl,

Rudimentäre Wirbelthieraugen

Bd.: 2

(1893)

4 Zool. 35 o-5

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11532472-0